



CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

TRABAJO PRÁCTICO

“MEJORA DE PROCESOS DE NEGOCIO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE
MODELADO DE PROCESOS DE NEGOCIO Y TÉCNICAS DE SIMULACIÓN”

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN INFORMÁTICA Y
TECNOLOGÍAS COMPUTACIONALES

PRESENTA

Rosa Elena Esparza Pérez

TUTOR

M.I.T.C. Jorge Macias Luévano

COMITÉ TUTORAL

Dra. Laura A. Garza González

M.I.T.C. Cesar Eduardo Velázquez Amador

Aguascalientes, Ags., 15 de Junio de 2012.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

ROSA ELENA ESPARZA PÉREZ
ALUMNA DE LA MAESTRÍA EN INFORMÁTICA Y TECNOLOGÍAS
COMPUTACIONALES
PRESENTE

Estimado Lic. Esparza:

Por medio de este conducto me permito comunicarle a usted, que el trabajo tesis o caso práctico titulado **"Mejora de procesos de negocio mediante la aplicación de modelado de procesos de negocio y técnicas de simulación"**, está autorizado y será bajo la dirección del M en C Jorge Eduardo Macías Luévano; y como revisores el M en C Cesar Eduardo Velázquez Amador y la Dra. Laura A. Garza González, para que pueda obtener así el grado de Maestría en Informática y Tecnologías Computacionales.

Sin otro particular me permito saludarle (a) muy afectuosamente.

ATENTAMENTE
Aguascalientes, Ags., 1 de junio del 2012
"SE LUMEN PROFERRE"
LA DECANO


MTRA. MARTHA CRISTINA GONZÁLEZ DÍAZ




VoBo M en C JORGE EDUARDO MACÍAS LUEVANO
SECRETARIO TÉCNICO-MAESTRÍA EN INFORMÁTICA
Y TECNOLOGÍAS COMPUTACIONALES

c.c.p. Dr. Alejandro Padilla Díaz.- Secretario de Investigación y Posgrado.
c. c. p. M en C Jorge Eduardo Macías Luevano.- Secretario Técnico de la Maestría en Informática y Tecnologías Computacionales.
c. c. p. M en C Cesar Eduardo Velázquez Amador
c. c. p. Dra. Laura Garza González
c. c. p. Archivo.

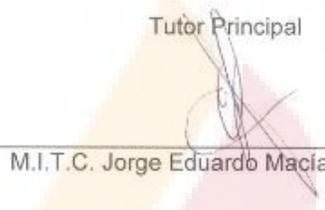


Por este conducto se autoriza al tesista

Rosa Elena Esparza Pérez

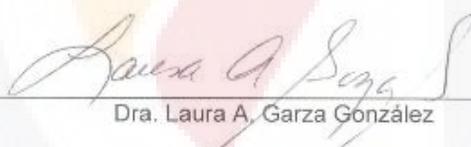
La impresión de su documento final de Trabajo Práctico, de la Maestría en Informática y Tecnologías Computacionales, ya que cumple con los requerimientos de contenido y forma exigidos en la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Tutor Principal



M.I.T.C. Jorge Eduardo Macías Luévano

Sinodales



Dra. Laura A. Garza González



M.I.T.C. Cesar Eduardo Velázquez Amador

Agradecimientos

A Dios,

Por acompañarme cada día y mostrarme,
que todo es posible en Él.

A mis padres,

Gran parte de mis logros, y lo que soy se lo debo a ellos.
¡Gracias por todo papás!

A mis amigos,

Por su paciencia y apoyo durante este tiempo.
A mis revisores honoríficos ¡Gracias!

Profesores,

Gracias por los conocimientos, las enseñanzas, pero más aún,
por sus consejos y por compartir de su experiencia
con nosotros.

Índice

Índice de Tablas.....	3
Índice de Figuras	4
Resumen.....	5
I. Antecedentes.....	6
1.1 Modelado de procesos de negocio	7
1.1.1 Metodologías	7
1.1.2 Limitaciones del modelado de procesos de negocio	10
1.1.3 Importancia del modelado de procesos de negocio.....	15
1.1.4 Proceso y Procesos de Negocio	16
1.2 Simulación.....	18
1.2.1 ¿Qué es simulación?.....	18
1.2.2 Modelado y simulación.....	18
1.2.3 Pasos para el estudio de una simulación.....	22
1.2.4 Utilidad.....	23
1.2.5 Limitaciones y Desventajas.....	24
1.2.6 Aplicaciones de la Simulación	25
II. Problemática Particular.....	26
2.1 Contexto de la Empresa	29
2.1.1 Sensata Technologies.....	29
2.1.2 Sensata Technologies de México	30
2.1.3 Área de Compras de Material Indirecto.....	30
2.2 Modelos de Inventarios para la compra de Material	31
2.2.1 ¿Qué es Inventario?	31
2.2.2 La Cadena de Abastecimiento.....	32
2.2.3 Tipos de Inventario	33
2.2.4 Modelos de Inventario.....	34
2.2.5 Sistemas de Inventario.....	35
2.3 Proceso Actual de Compra de Material Indirecto	36
III. Estado del Arte.....	38
IV. Justificación	41

V. Objetivos	43
VI. Estudio de casos similares.....	45
Caso 1. Desarrollo de un Modelo de Simulación de Alto Nivel de la Cadena de Suministro.....	46
Caso2. El Impacto de la Falta de Precisión del Inventario en el Rendimiento de la Cadena de Suministro al por Menor: Un Estudio de Simulación.....	49
Caso 3. Usando Simulación Para Analizar Cadenas de Abastecimiento.....	54
VII. Metodología para el desarrollo del caso	57
7.1 Iniciación del proyecto.....	58
7.1.1 Requerimientos de datos.....	58
7.1.2 Supuestos	59
7.1.3 Métricos	59
7.1.4 Objetivos	60
7.1.5 Objetivos Específicos.....	61
7.2 Formulación del problema y establecimiento de objetivos.....	61
7.2.1 Visita Inicial de Orientación.....	61
7.2.2 Objetivos del Proyecto	66
7.3 Definir el plan general del proyecto	66
7.4 Modelo Conceptual.....	67
7.4.1 Actividades principales y actores del subproceso de requisiciones	70
7.4.2 Actividades principales y actores del subproceso de planeación de materiales y reabastecimiento de inventarios.....	72
7.5 Recolección de Datos	73
7.5.1 Origen de datos.....	73
7.6 Creación de la Simulación, Verificación y Validación	74
7.6.1 Creación del sistema de simulación	74
7.6.2 Verificación	75
7.6.3 Validación.....	78
7.7 Experimentación, Análisis y Reporte.....	79
7.7.1 Experimentación	79
7.7.2 Análisis y Reporte.....	81
VIII. Conclusiones	86
Referencias.....	90
Anexos.....	95

Índice de Tablas

Tabla	Página
Tabla 1. Clasificaciones de Riesgo en el modelado de procesos (Rosemann 2006a) y (Rosemann 2006b)	11
Tabla 2. Diferencia solución analítica vs. numérica.	20
Tabla 3. Datos requeridos para el sistema de simulación	58
Tabla 4. División de métricos (cualitativos y cuantitativos)	60
Tabla 5. Recursos y funciones del área de compras de material indirecto	62
Tabla 6. Funciones realizadas en los sistemas utilizados para la compra y recibo de material	63
Tabla 7. Tabla de utilización de tiempo por recurso	67
Tabla 8. Resultados tiempo de espera comprador gastos	79
Tabla 9. Alternativas por nivel de recursos	80
Tabla 10. Alternativas a nivel política operacional	80

Índice de Figuras

Figura	Página
Figura 1. Ejemplo Diagrama de Flujo de Datos	8
Figura 2. Ejemplo IDEF0	8
Figura 3. Ejemplo de publicidad CLD y diagrama de bloques y flujos (Kirkwood 1998)	9
Figura 4. Ejemplo BPMN	10
Figura 5. Indicadores Clave de desempeño, Métricos de Calidad de Servicio y Métricos de desempeño de Procesos (Wetzstein et al. 2009)	17
Figura 6. Simulación como una caja negra (Sánchez 2007)	21
Figura 7. Simulación más allá de una caja negra. Adaptación de (Sánchez 2007)	22
Figura 8. Replicas del modelo de simulación	22
Figura 9. Pasos de un estudio de simulación	24
Figura 10. Presencia de plantas de la empresa Sensata Technologies en el mundo	29
Figura 11. Injerencia compras de material indirecto en cadena de abastecimiento	33
Figura 12. Proceso de compras (vista general)	36
Figura 13. Proceso de orden de compra colaborativo	37
Figura 14. Configuración cadena de abastecimiento (Fleisch & Tellkamp 2005)	50
Figura 15. Eventos de conciliación de discrepancia en inventarios	53
Figura 16. Interface herramienta Solucionador de Suministro	55
Figura 17. Flujo del requerimiento de material indirecto por área	65
Figura 18. BPMN MRO Sensata Technologies (Problemas elegidos para el presente caso de estudio en rojo)	69
Figura 19. BPMN MRO vista interna del proceso de Sensata Technologies	70
Figura 20. Actividades del subproceso de requisiciones validación y colocación de ordenes (problema 1)	72
Figura 21. Actividades del subproceso de reabastecimiento (problema 2)	73
Figura 22. Verificación del modelo (solo diseño) con Arena	75
Figura 23. Modelo de simulación inicial	76
Figura 24. Modelo de simulación con condiciones iniciales	77
Figura 25. Modelo de simulación final con todos los módulos y controles requeridos	77
Figura 26. Proceso de captura de requisiciones mejorado	83
Figura 27. Proceso de planeación y revisión de inventarios mejorado	85

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Resumen

Tradicionalmente el modelado de sistemas de información se basaba en el modelado de flujo de datos y transacciones. Nuevos usos de las tecnologías de información van más allá al interactuar con los procesos de negocio, alineándose a sus objetivos. El modelado de procesos es utilizado en las organizaciones para incrementar el conocimiento y la consciencia sobre los procesos de negocio y desglosar la complejidad organizacional. El modelado junto con la simulación de procesos ayuda a las organizaciones a probar los cambios a sus procesos ahorrando dinero, tiempo y esfuerzo ya que su proceso actual sigue funcionando como tal. Disminuye riesgos en la toma de decisiones y sugiere la mejor opción a los tomadores de decisiones. Este documento contiene el marco de trabajo de la modelación de procesos de negocio y el uso de la simulación con el fin de optimizar el proceso de negocio seleccionado.

I. Antecedentes



1.1 Modelado de procesos de negocio

Comencemos por definir lo que es un modelo:

“Modelo es una representación generalmente simplificada de un fenómeno real” según (Henry 1995), por otro lado (Kaufman 1996) define un modelo “como una representación abstracta y simplificada de un cierto fenómeno real, ciertas operaciones que traducen situaciones reales; se define como elementos del modelo” y finalmente tenemos la definición de (Miller 1998), “Por modelo se entiende un sistema concebido mentalmente o realizado de forma material que, reflejando o reproduciendo el objeto de la investigación, es capaz de sustituirlo de modo que su estudio nos dé nueva información sobre dicho objeto”.

En cuanto a los procesos de negocio estos son definidos como un conjunto de actividades que son realizadas coordinadamente en un ambiente organizacional y técnico. (Weske 2007).

Tradicionalmente el modelado de sistemas de información se ha concentrado en analizar datos, flujos y transformaciones. Este tipo de modelado se basaba solo en los datos y la porción de sus procesos que interactuaban con esos datos. Nuevos usos de las tecnologías de información van más allá del procesamiento de transacciones al usarse también como herramientas de comunicación y coordinación. (Curtis et al. 1992).

Desde la perspectiva de negocios donde cada actividad debería de generar un valor determinado para alcanzar un objetivo y generar ganancia, el modelado de negocio según (Chesbrough & Rosenbloom 2002) nos dice que el modelado de negocio debe proveer un marco de trabajo coherente que toma las características tecnológicas y potencialidades como entradas y que a través de clientes y mercados son convertidas en salidas económicas. El modelado de negocio es concebido como un dispositivo que se enfoca en la mediación del desarrollo de tecnología y creación de valor económico.

El modelado de procesos de negocio entonces se define como una representación abstracta de un conjunto de actividades, con el fin de describir como trabaja y en donde un modelo representa lo que se tiene que hacer para cumplir con una meta, objetivo o tarea. Se necesitan un conjunto de modelos de procesos para describir completamente los “cómos” de un negocio completo.

1.1.1 Metodologías

Existen varias metodologías de modelado de procesos de negocio que datan desde los años 60's como los *diagramas de flujo* que fueron usados inicialmente para representar la lógica de los programas de computadora (Schriber 1969 in (Giaglis 2001)). Desarrollados por Goldstine and von Neumann en 1946 los diagramas de flujo han sido parte del desarrollo de software desde el inicio de la programación. Son parte de políticas, procedimientos y manuales organizacionales (Rosemann 2006a).

Los Diagramas de Flujo de Datos son usados para documentar sistemas concentrándose en el flujo de los datos dentro, alrededor y fuera de los límites del sistema. Los DFD se comparan con los diagramas de flujo (DF), difiriendo básicamente en el enfoque del análisis (DFD's se concentran en los datos en lugar de actividades y control) (Giaglis 2001). En la figura 1 se observa un ejemplo general de este tipo de diagramas.

Las técnicas IDEF (IDEF0, IDEF3). El método IDEF0 (figura 2) fue diseñado para modelar las decisiones, acciones y actividades de una organización en este contexto. El objetivo de IDEF3 es asistir a los expertos a grabar su conocimiento acerca del flujo de los procesos y las transiciones de los estados de los objetos. Es un modelado del flujo de procesos manejado por escenarios (Mayer et al. 1992).

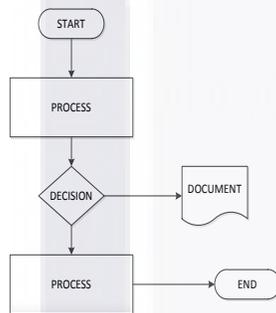


Figura 1. Ejemplo Diagrama de Flujo de Datos

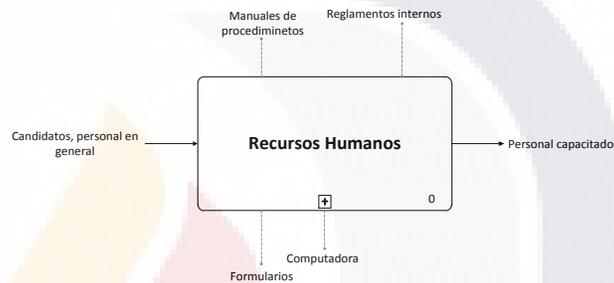


Figura 2. Ejemplo IDEF0

El Lenguaje de Modelado Unificado introducido en 1997 fue aceptado rápidamente por la comunidad tecnológica como el lenguaje gráfico estándar para construir, visualizar y documentar sistemas de software. UML por sus siglas en inglés (Unified modeling language) se enfoca mayormente a modelado de sistemas. (Rumbaugh et al. 1999). UML captura información acerca de la estructura estática y comportamiento dinámico de un sistema, a través del modelado de una colección de objetos discretos, que interactúan para realizar un trabajo que en última instancia beneficiará a un usuario.

Existen otras metodologías de modelado como las *gráficas GANTT/PERT*. Las gráficas de GANTT fueron creadas por Henry Gantt en 1917. Estas graficas representan la duración que una actividad tomará en completarse. Inicialmente fueron utilizadas para la construcción de barcos de la marina estadounidense. Más tarde en 1950 se crearon las gráficas PERT que son utilizadas principalmente para administración de proyectos, aunque algunas herramientas modernas permiten la asociación de recursos a las tareas definidas en la gráfica. **Las redes Petri** que datan de los años 70's son una herramienta matemática gráfica de modelado. Como herramienta gráfica, las redes Petri pueden ser usadas como ayuda de comunicación visual de la misma forma que los diagramas de bloques o los diagramas de flujo, matemáticamente permiten establecer sistemas de ecuaciones para gobernar el comportamiento del sistema (Murata 2002).

System Dynamics (SD) desarrollado por J.W. Forrester en 1961, inicialmente conocido como Industrial Dynamics (Forrester 1961) para manejar problemas socio-económicos, ofrece un modelado de dependencias entre elementos del sistema, los cuales, están en continua comunicación. SD es un enfoque asistido por computadora, para analizar y resolver problemas complejos enfocándose en análisis de normas y diseño.

Los diagramas utilizados por SD son dos: Los diagramas de bucles causales (figura 3a) por sus siglas en inglés CLD (causal loop diagrams) y los diagramas de flujo de bloques (stock-flow diagrams). Los diagramas de flujo causal muestran los bucles de realimentación principales en un proceso. Estos están compuestos por dos conceptos que son los (1) elementos y las (2) influencias. Las influencias tienen una dirección, la cual es indicada por una flecha y otro indicador para señalar si el elemento influenciado es alterado en la misma dirección (+) o en la dirección opuesta (-). Los diagramas de flujo de bloques (figura 3b) incluyen cuatro conceptos diferentes, (1) bloques, (2) caudales, (3) conectores y (4) convertidores. Los bloques son considerados como entidades que conservan un valor dado acumulado a través del tiempo describiendo así el estado del sistema. Estos valores son modificados por los caudales. Los caudales simulan tuberías con válvulas que controlan el nivel de acumulación que entra y sale de los bloques. Los convertidores contienen información en forma de ecuaciones o valores que son aplicadas a los bloques, caudales y otros convertidores en el modelo (Tulinayo et al. 2009).

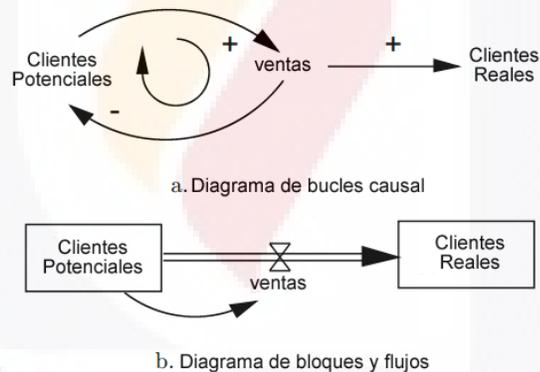


Figura 3. Ejemplo de publicidad CLD y diagrama de bloques y flujos (Kirkwood 1998)

En mayo del 2004 fueron liberadas las especificaciones de la notación de modelado de procesos de negocio (**BMPN**). El objetivo de esta metodología es proveer a los negocios con la capacidad de definir y entender sus procedimientos internos y externos, a través de un diagrama de procesos de negocio y comunicar, además estos procedimientos de una manera estándar (White 2004). En la figura 4 se muestra un ejemplo de esta notación de negocios haciendo alusión al proceso de reclutamiento de una empresa.

1.1.2 Limitaciones del modelado de procesos de negocio

Las soluciones de modelado de procesos de negocio (BPM) han prevalecido desde 1990, tanto en la creación de prototipos para la industria así como académicos. Se ha establecido desde hace tiempo que ciertas funciones específicas de una empresa no reflejarán las mismas ganancias en cuanto a productividad para el negocio, a menos que exista soporte para el monitoreo y control de procesos del negocio. El modelado de procesos de negocio es un proceso complicado. Cada forma de modelado tiene sus fuerzas y debilidades en diferentes aspectos debido a la variedad de los formalismos que hay detrás. Existen problemas bien conocidos concernientes a las metodologías de modelado, como el clásico “trade-off” entre lo que el lenguaje de modelado permite expresar y la complejidad de la revisión del modelo. (Ruopeng & Sadiq 2007)

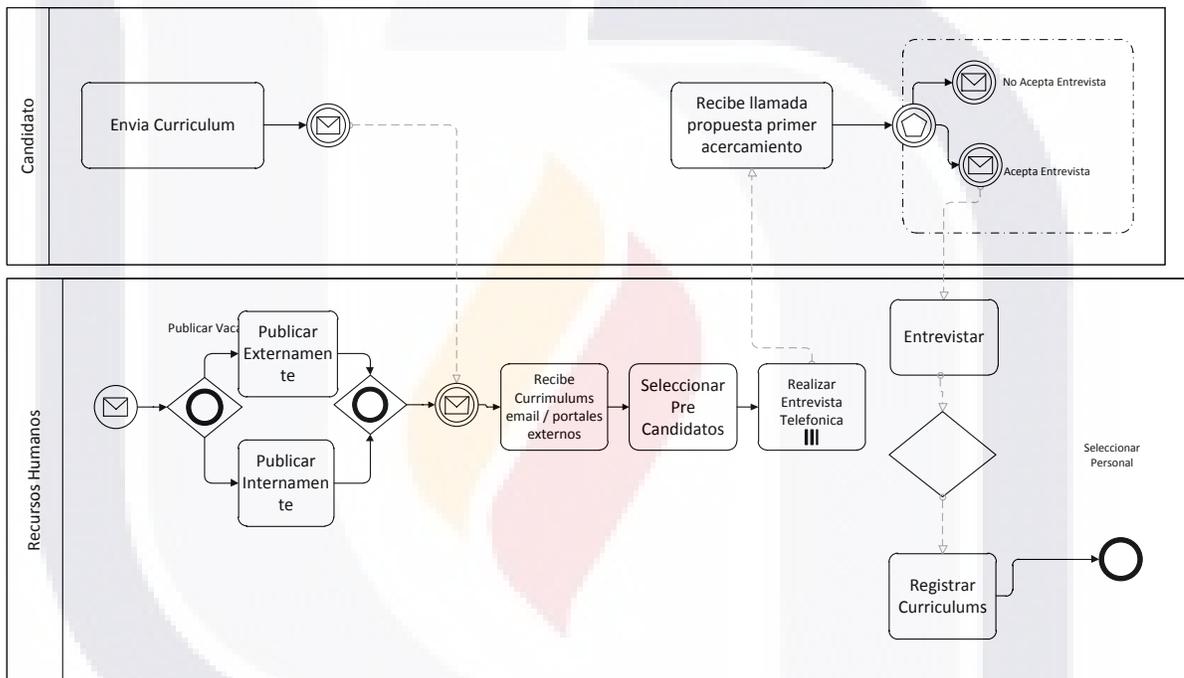


Figura 4. Ejemplo BPMN

Muehlen & Recker (2008) realizaron un estudio de 120 modelos de negocio los cuales fueron hechos utilizando la notación de modelado de procesos de negocio (BPMN). El estudio fue realizado sirviéndose de técnicas matemáticas y estadísticas. Los analistas encontraron que menos del 20% del vocabulario de la notación de procesos de negocio, es usada regularmente y que ninguno de los constructos aparece en ninguno de los modelos analizados, concluyendo entonces que BPMN es usado por grupos que tienen un conjunto de constructos bien definidos. Muehlen & Recker (2008) recomiendan entonces que las organizaciones inviertan en el manejo de convenciones para el modelo con el fin de ser capaces de limitar y manejar la complejidad que conlleva lidiar con los lenguajes utilizados para el modelado de procesos.

En este sentido se propone la creación de una guía de modelado para establecer lineamientos, limitaciones, descripciones que el o los responsables deberán seguir al modelar sus procesos, con el fin de disminuir la complejidad de la modelación debido al gran número de herramientas existentes. (Becker et al. 2000)

Existen dos clasificaciones de riesgos en el modelado de procesos:

- Relacionados a estrategia y gobernabilidad además de los participantes involucrados
- La práctica del modelado, herramientas y requerimientos relacionados

La siguiente tabla (tabla 1) muestra las dos clasificaciones de riesgos en el modelado de procesos:

Categoría	Riesgo	Descripción del riesgo
Riesgos relacionados a estratégica y gobernabilidad y participación de los involucrados.	Falta de conexiones estratégicas	El modelado del proceso como cualquier otra cosa que se hace en la organización debe tener una conexión (directa o indirecta) a uno o más asuntos críticos del negocio. Cualquier cosa que no tenga dicha conexión es considerado un desperdicio y debe dejar de hacerse.
	Falta de gobernabilidad	¿Quién es el dueño del modelado de procesos? ¿Cómo se mide su éxito? ¿Quién y cómo se toman las decisiones acerca de herramientas, métodos, procedimientos y deberes de actualización?
	Falta de sinergias	En la práctica diferentes grupos organizacionales modelan el mismo proceso independientemente unos de otros con diferente propósito.

	Falta de modeladores calificados	El modelado de procesos de negocio requiere habilidades específicas, las cuales difieren del perfil clásico de un analista de negocio. El modelador debe ser capaz de traducir documentación de procesos y comentarios en modelos de procesos estructurados y apropiados
	Falta de representantes del negocio calificados	Se necesitan tres tipos de personas. La primera es quien tenga el dominio del proceso actual. La segunda es quien proporcione la dirección, que establezca los tiempos, límites, etc. Tercero alguien creativo no necesariamente involucrado con el proceso actual.
	Falta de involucramiento del usuario	Es esencial que el modelado de negocio sea un esfuerzo colaborativo entre los analistas del negocio y los representantes del negocio
La práctica del modelado, herramientas y requerimientos relacionados	Falta de realismo	Se tiende a subestimar el número de modelos de procesos relevantes a ser diseñados. Cuando se tienen cientos o miles de modelos almacenados la escalabilidad se debe tener en cuenta como la capacidad de la herramienta, la capacidad del modelador, mantenimiento de los modelos, etc.

	El problema del huevo o la gallina	Análogamente la gallina es la herramienta de modelado y el huevo es la metodología, el lenguaje de modelado o marco de trabajo alude al deseo de modelar de cierta manera y la herramienta no tiene la capacidad de hacerlo.
	Falta de detalles	Relacionado con la habilidad del lenguaje de modelado para plasmar los detalles del proceso
	Falta de traducción	Limitación existente para traducir los modelos de negocios a sistemas de información
	Perdido en la herramienta de modelado	Existen herramientas como Visio que son populares, sin embargo no cuentan con análisis, reporte o algunas otras que no son apropiadas para actividades de modelado de procesos a gran escala.
	Falta de metodologías complementarias	Es necesario encontrar una metodología que soporte todo el negocio, desarrollar convenciones de modelado, lineamientos, procedimientos de aseguramiento de la calidad, etc.
	El arte por el arte	Los modelos de procesos deben ser relevantes no necesariamente deben estar completos.

	Perderse en la exactitud sintáctica	La personalización de la técnica de modelado debe ser dirigida hacia la practicidad no hacia la perfección.
	Concentrarse en los modelos y no en el modelado	El proceso de modelado es más importante que el modelado en sí.
	Perderse en el detalle	Definir un nivel apropiado de detalle a la luz de los objetivos
	Falta de imaginación	Concentrarse en el proceso actual para mejorarlo no es lo importante. Debe innovarse y ser creativos para encontrar nuevas formas de dirigir al negocio.
	Perderse en las mejores prácticas	Con las mejores prácticas a menudo solo se está expuesto al resultado final sin embargo no se ve el proceso que condujo al caso o ejemplo recomendado.
	Diseños de modelos con el fin de crear nuevas tecnologías de información	Se deben buscar soluciones alternativas que no contemplen el uso de tecnologías de información. TI no es responsable de la solución de todos los problemas de una organización.
	El éxito en el modelado no es igual a éxito en el proceso	El modelo de un proceso es solo un modelo, la implementación será el siguiente paso para lograr el éxito del proceso.

	Perderse en el mantenimiento de los modelos	Se deben establecer procedimientos y responsables cuando el repositorio es grande e incrementa frecuentemente
	Falta de medición del desempeño de los modelos	Si no es medible no se puede mejorar ni administrar

Tabla1. Clasificaciones de Riesgo en el modelado de procesos (Rosemann 2006a) y (Rosemann 2006b).

Otra limitante de BPM es el no ser capaz de modelar la dinámica de los procesos de negocio y evaluar los efectos de eventos estocásticos y el comportamiento aleatorio de los recursos. (Hlupic & Robinson 1998)

1.1.3 Importancia del modelado de procesos de negocio

Tradicionalmente los sistemas de información utilizaban modelos de información como punto de partida tal es el caso de los diagramas de flujo de datos. Sin embargo desde la última década, se ha vuelto claro, que los procesos son de igual importancia y necesitan ser soportados de una manera sistémica. (Weske 2007).

El modelado de procesos es utilizado en las organizaciones para incrementar el conocimiento y la consciencia sobre los procesos de negocio y desglosar la complejidad organizacional (Bandara et al., 2005 in (Giaglis 2001)). El modelado de procesos describe y establece procedimientos, actividades y denota dueños de actividades de manera clara. Además el modelado de procesos cumple con las siguientes funciones (Curtis et al. 1992):

- Facilitar la comunicación y el entendimiento humano
- Soporta el mejoramiento del proceso
- Soporta la administración del proceso
- Orientación automática para la ejecución del proceso
- Soporte a la ejecución automatizada

El modelado de procesos de negocio concentra el conocimiento de los expertos de dominio en “papel”. En donde este puede ser consultado por cualquier persona de la organización y estar consciente de las políticas y procedimientos de la misma. El siguiente paso del modelado de procesos de negocio es llevarlo a un lenguaje de modelado de procesos ejecutable como BPEL4WS (si se usara la metodología BPMN) (White 2004).

1.1.4 Proceso y Procesos de Negocio

Estamos hablando de procesos de negocio y ¿qué es un proceso?

Proceso.

Davenport (1993) en Innovación de Procesos nos dice que:

“un proceso es un conjunto de actividades estructuradas y medibles, diseñadas para producir un resultado específico, para un mercado o cliente particular.”

En Reinventando la Corporación, Hammer & Champy (1993) definen un proceso como:

“una colección de actividades que toma una o más de un tipo de entrada y crea una salida que es de valor para el cliente.”

H. James (1991) en su obra Mejora de Procesos de Negocio se refiere a estos como:

“una actividad o grupo de actividades que toma una entrada, le agrega valor y provee una salida para un cliente externo o interno”

Todos coinciden entonces en que un proceso es un conjunto de actividades que reciben entradas, transformándolas en salidas que proporcionan valor agregado a un cliente o beneficiario. Todos los procesos generan salidas que a su vez pueden ser entrada para otros procesos.

Proceso de Negocio.

Un proceso de negocio no es más que un conjunto de actividades las cuales se llevan a cabo en una organización haciendo uso de sus recursos y cuyo objetivo es producir un resultado que este alineado a los objetivos organizacionales de la empresa.

En términos más amplios H. James (1991) define un proceso de negocio como:

“Todos los procesos de servicios y demás procesos que soportan al proceso de producción (procesos de órdenes, proceso de cambios de ingeniería, proceso de nóminas, proceso de diseño de manufactura). Un proceso de negocio consiste de un grupo de tareas o actividades, relacionadas lógicamente, que utilizan los recursos de la organización para proveer resultados definidos, apoyando a los objetivos organizacionales”

Todo proceso de negocio tiene un objetivo y está delimitado. Existen procesos que están contenidos dentro de otro proceso, a estos se les conoce como subprocesos.

Tomando la definición de La Nueva Ingeniería Industrial: Tecnologías de la Información y Reingeniería de Procesos de Negocio de Davenport & Short (1990):

“Un proceso de negocio es un conjunto de tareas lógicamente relacionadas llevadas a cabo para lograr un resultado de negocio definido”

Un proceso de negocios consta de cinco elementos (Lin et al. 2002):

- 1) Un proceso de negocios tiene clientes
- 2) Está compuesto por actividades
- 3) Estas actividades están enfocadas a crear valor para los clientes
- 4) Las actividades son ejecutadas por humanos o máquinas (recursos)
- 5) Un proceso de negocios a menudo involucra varias unidades organizacionales las cuales son responsables de todo un proceso

Y para complementar estos cinco elementos:

- 6) Un procesos debe contar con métricos capaces de brindar indicadores de su desempeño

Los **indicadores de desempeño** conocidos por sus siglas en inglés como **KPI's** (*Key Performance Indicators*) miden el rendimiento del proceso como un todo, de manera global. Estos se definen de acuerdo al objetivo que la organización quiere alcanzar. Los KPI's se monitorean con la frecuencia necesaria para que en el momento clave, se pueda tener una respuesta adecuada si alguna anomalía es detectada. Los KPI's son los indicadores de más alto nivel en una organización; son mediciones utilizadas para reflejar los impulsores de valor del negocio (Frolick & Ariyachandra 2006).

A su vez los KPI's dependen de métricos más específicos o particulares (figura 5):

- 1- Métricos de Calidad de Servicio (*QoS, Quality of Service*)
- 2- Métricos de Desempeño de Procesos (*PPM, Process Performance Metrics*)

Wetzstein et al. (2009) nos brinda un ejemplo de cómo analizar y monitorear el rendimiento de los procesos de negocio y los factores que lo influyen.

En la cadena de abastecimiento un ejemplo de métrica de calidad de servicio hacia el cliente es número de entregas tardías, número de rechazos, etc. En cuando a métricos de desempeño de procesos: número de piezas producidas por minuto, productividad, tiempo de ciclo, etc.

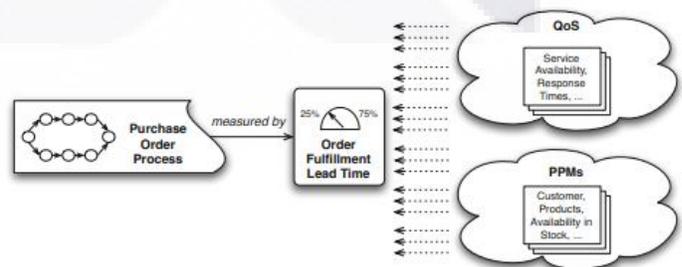


Figura 5. Indicadores Clave de desempeño, Métricos de Calidad de Servicio y Métricos de desempeño de Procesos (Wetzstein et al. 2009).

1.2 Simulación

1.2.1 ¿Qué es simulación?

La simulación es la imitación de algo real, tomando sus características más importantes para producir un modelo que recibirá parámetros de entrada, los cuales generaran una salida hasta entonces desconocida. El sistema de simulación debe sustentarse en datos históricos de la realidad a modelar.

Un modelo de simulación es un modelo descriptivo de un proceso o sistema, que usualmente incluye parámetros que permiten que el modelo sea configurable, como por ejemplo parámetros que le permitan al usuario variar el número de trabajadores en una estación de trabajo, la velocidad de una máquina, etc. (Carson II 2004)

Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora, en donde se involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos, que describen el comportamiento de sistemas de negocios o económicos (o algún componente de los mismos) en un periodo extendido de tiempo real (Naylor et al. 1966).

Debe aclararse que los modelos de simulación, proveen información cuantitativa que puede ser usada para la toma de decisiones, son herramientas que facilitan el entendimiento del problema en lugar de herramientas de solución de problemas (Hlupic & Robinson 1998). Una herramienta de simulación nos dará información sobre la cual se debe tomar una decisión, sin embargo no dará explícitamente la solución al problema. La decisión final debe ser tomada por el grupo designado para llevar a cabo esta tarea (generalmente mandos medios-altos).

1.2.2 Modelado y simulación

Antes de comenzar en materia con la simulación de un sistema, proceso o cualquier entidad que se tome como caso de estudio debe definirse un modelo. Recordemos que un modelo es la representación abstracta de un objeto real en donde se plasman de manera gráfica sus elementos principales o más significativos. Dentro del contexto de la simulación existen diversos tipos de modelos y debe definirse y elegirse el que más convenga de acuerdo al problema a simular.

Modelo matemático. Los modelos matemáticos son representados por ecuaciones y lenguaje matemático, con la finalidad de reflejar el comportamiento de un sistema. Utilizan herramientas como teoría de decisiones, programación lineal, teoría de colas, etc.

Modelo estático. Estos modelos no evolucionan o cambian a través del tiempo y por lo tanto no representan el paso del tiempo (Rubinstein & Kroese 2008). Un modelo estático como menciona Singh (2009), proporciona las relaciones que existen entre los atributos del sistema cuando éste se encuentra en equilibrio. Varios ejemplos pueden ser encontrados en (Singh 2009) como el balance entre el abastecimiento y la demanda, entre otros. Los modelos estáticos entonces representan sistemas que no dependen del

tiempo o no están en función del tiempo, un mapa o una foto por ejemplo. Estos modelos son en un término más general como la representación instantánea de un sistema.

Modelo dinámico. A diferencia de los modelos estáticos, en los modelos dinámicos el tiempo cambia. El tiempo es un factor que afecta al modelo, provocando que también los valores de las variables que lo componen cambien. Es entonces cuando decimos que el modelo está en función del tiempo. Por ejemplo un avión en vuelo, las luces de un semáforo, una caricatura.

Modelo continuo. En modelos de simulación continua el estado de las variables cambia continuamente con el tiempo. Tomando como base el patrón tiempo como sugiere Wainer (2009), un modelo continuo es aquel en el que el tiempo evoluciona continuamente y se representa por números reales, es decir números expresados en forma decimal, como el caso de una fracción por ejemplo. Esto coincide perfectamente con lo referido a continuidad mencionado por Singh (2009) como algo ininterrumpido, que permanece junto, de flujo constante.

Modelo discreto. En estos modelos el estado de las variables cambia instantáneamente en puntos determinados de tiempo, es decir que no cambian continuamente. El cambio en las variables se da por la ocurrencia de eventos. Los modelos discretos son representados por un conjunto finito de valores enteros (Wainer 2009). Ejemplos de modelos discretos son una fábrica donde se produce por lotes, el repentino cambio en el vuelo de avión debido a un cambio climático.

Modelo determinístico. Si un modelo contiene solo componentes que no son aleatorios es llamado determinístico. En un modelo determinístico, todas las relaciones matemáticas y lógicas entre sus elementos o variables, son definidas de antemano, con el fin de no ser sujetas a algún tipo de incertidumbre (Rubinstein & Kroese 2008). Por otro lado Chung (2004) afirma que si un modelo es determinístico, no es necesariamente benéfico realizar un estudio de simulación, dada la naturaleza del modelo, donde sus relaciones están bien definidas y la incertidumbre es nula.

Modelo estocástico. La teoría de la probabilidad es uno de los campos importantes de la ciencia, requeridos para la simulación estocástica o probabilística. En estos modelos, se utilizan números aleatorios o pseudoaleatorios. La simulación estocástica es algunas veces llamada como simulación *Monte Carlo* (Singh 2009). La palabra *Monte Carlo* fue utilizada por von Neumann y Ulam durante la segunda guerra mundial como código, refiriéndose al trabajo que se realizaba en los Álamos sobre problemas relacionados con la bomba atómica. Ese trabajo involucraba la simulación de difusión neutrónica aleatoria de materiales nucleares (Rubinstein & Kroese 2008). La aleatoriedad es introducida pues al modelo de simulación estocástico por medio de variables aleatorias.

Existen también los modelos físicos a escala como las maquetas.

La solución a estos modelos se da dos formas:

Solución Analítica. Dubin (2003) en su trabajo Métodos numéricos y analíticos para científicos e ingenieros, se refiere a las soluciones analíticas como aquellas que pueden solucionarse con lápiz y papel, como las series y transformadas de Fourier o teoría básica de probabilidad. Una solución analítica provee una solución exacta a una ecuación diferencial, que puede ser expresada en términos de funciones polinómicas, logarítmicas, exponenciales o trigonométricas. A este tipo de soluciones se les conoce como de “forma cerrada” (Craig & Read 2010). Ellos definen solución analítica como “cualquier solución a una ecuación diferencial, que puede ser evaluada con cualquier nivel de exactitud deseado, en un punto dado de tiempo y espacio, sin modificar la estructura de la solución”.

Solución Numérica. Con el fin de lidiar con modelos de complejidad alta, ecuaciones diferenciales, ecuaciones lineales y otros, los *métodos numéricos* son utilizados. Como nos menciona Wainer (2009), mediante estos métodos, se obtienen resultados a ciertos intervalos de tiempo predefinidos. Tales métodos, proveen valores aproximados, que son muy cercanos a representar el problema de estudio real. El método numérico comienza con los valores iniciales de las variables, que posteriormente serán modificados por el conjunto de ecuaciones que se estén utilizando. Esto por un periodo de tiempo determinado.

Algunas diferencias entre las soluciones analíticas y numéricas se enumeran en la siguiente tabla (tabla 2):

No.	Analíticas	Numéricas
1	Resuelven ecuaciones con límites y condiciones iniciales	Reemplazan derivadas parciales con ecuaciones algebraicas
2	Da solución a modelos sencillos	Da solución a modelos complejos
3	Brindan más exactitud	Pierden exactitud, son aproximaciones
4	Lápiz y papel	Es necesario el uso de una computadora para llevar a cabo el cálculo tantas veces como sea necesario
5	Se sabe como actuará el modelo bajo cualquier circunstancia	Describe el comportamiento del modelo con el tiempo

Tabla 2. Diferencia solución analítica vs. numérica.

Entonces el modelo de simulación ¿qué modela? El modelo representa un **sistema**. “Un sistema es un conjunto de elementos los cuales interactúan y se interrelacionan de alguna manera” (Sánchez 2007). Por otro lado Chung (2004) define un sistema dentro del contexto de simulación como “una colección de componentes interactivos que recibe

entradas y proporciona salidas para un propósito”. Una definición más amplia es dada por Singh (2009) quien define sistema como “cualquier objeto que tiene alguna acción a realizar y es dependiente de un número de objetos llamados entidades”. El nos señala que cada entidad que forma parte del sistema puede tratarse como un sistema por sí solo y cada entidad presenta propiedades o atributos.

Existen dos tipos de sistemas de simulación los **terminantes** y **no terminantes**. En el primero cada periodo de simulación comienza sin entidades en el mismo, en un estado vacío, sin influencia del periodo de tiempo anterior como por ejemplo los bancos o las tiendas las cuales cierran su último turno sin clientes, hasta que el último cliente es atendido cierran sus puertas. El segundo tipo de sistema es aquel en el que a diferencia de los terminantes comienzan cada periodo con entidades que quedaron pendientes del periodo anterior como por ejemplo una línea de manufactura en la que las piezas son dejadas sobre las estaciones de trabajo cuando llega la hora de salida del último turno y al día siguiente el personal comienza sus labores retomando el trabajo que quedo pendiente del turno o día anterior.

Ejemplos de sistemas de manufactura:

- Operaciones de ensamblaje
- Almacenamiento
- Manejo de materiales
- Transportación

Otros sistemas:

- El cuerpo humano
- Sistemas de información
- Sistema solar

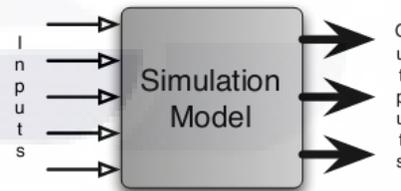


Figura 6. Simulación como una caja negra (Sánchez 2007).

Descrito el contexto de lo que es simulación y cada uno de sus componentes en los puntos de esta sección se puede crear una radiografía (Figura 7) de lo que contiene la caja negra (Figura 6) de Sánchez (2007) donde solo se perciben las entradas, sin saber que pasa dentro del modelo de simulación, hasta obtener las salidas a consecuencia de lo ocurrido dentro de la caja negra. En la figura 7 por otro lado, se reciben entradas, que serán procesadas por el modelo matemático diseñado para el caso de estudio elegido, previamente modelado y del cual se debe obtener una solución ya sea analítica o

numérica. La solución genera salidas, las cuales según el objetivo de la simulación ayudan a la medición de indicadores clave.

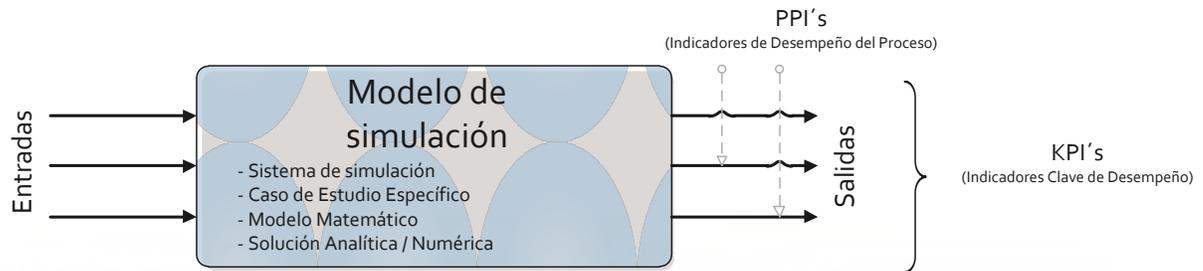


Figura 7. Simulación más allá de una caja negra. Adaptación de (Sánchez 2007).

Dado que un modelo de simulación se corre repetidas veces hasta obtener una salida esperada, cada una de estas corridas se conocen como replicas. Una réplica (figura 8), es una copia del modelo que contiene variables diferentes y que por lo tanto dará resultados distintos, hasta encontrar como ya se mencionó el que sea el más adecuado de acuerdo al caso de estudio modelado.

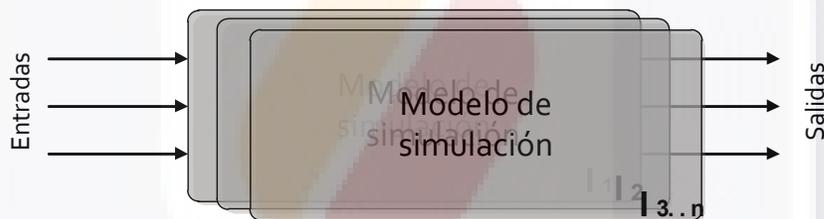


Figura 8. Replicas del modelo de simulación.

1.2.3 Pasos para el estudio de una simulación

A continuación se enumeran los pasos para el estudio de simulación. Estos están ordenados de manera lógica, secuencial e iterativa (figura 9). Los siete pasos se explican más a detalle en los siguientes párrafos.

a) Iniciación del proyecto. Se comienza con una junta donde se definen los métricos de desempeño, requerimientos de datos, primeras suposiciones, se establecen algunos objetivos, etc. Al finalizar esta etapa se debe contar con el plan de proyecto y un documento con los supuestos del sistema.

b) Formulación del problema y establecimiento de objetivos. Durante esta fase, el equipo de simulación debe desarrollar una lista de preguntas específicas, sobre lo que el modelo abarcará y desarrollará, además de una lista de métricas de desempeño, que serán usadas para evaluar o comparar las alternativas que se modelen.

c) Definir el plan general del proyecto. El analista debe entregar un estimado de tiempo y costo de cada paso de la simulación, con el fin de que la gerencia decida si se procederá con la simulación, expandir o limitar el alcance del proyecto.

d) Modelo conceptual. Se diseña el modelo basándose en el documento de supuestos. Este documento debe ser narrativo, no debe contener diagramas o modismos. Debe reflejar el estado actual del sistema y la gente que trabaja en él.

e) Mas allá de recolectar los datos, los cuales pueden provenir de distintas fuentes como base de datos, registros manuales, estudios de tiempo, estudios de muestras etc., se debe realizar una validación y limpia de los mismos.

f) Crear simulación, verificar y validar. En la etapa de verificación, se realizan pruebas de estrés, se verifican las salidas del modelo, no solo los indicadores primarios, también las salidas intermedias. Se recomienda trabajar en base a la hipótesis de que el modelo es correcto y tratar de demostrar que la hipótesis es falsa. La validación corre por cuenta del cliente realizando las mismas pruebas.

g) Experimentación, análisis y reporte. Antes de comenzar con la experimentación, se deben definir los rangos de los parámetros a ser simulados, así como las combinaciones validas, periodo de tiempo a simular, número de réplicas estadísticas. El análisis se basa en las métricas acordadas y el reporte deberá contener los resultados clave y las recomendaciones del estudio.

1.2.4 Utilidad

En cuanto a la reingeniería de procesos, la simulación ayuda a evaluar los procesos rediseñados y compararlos con los procesos actuales. La simulación provee de estimados cuantitativos, referentes al impacto que un diseño de proceso puede tener en el desempeño del proceso y así tomar o seleccionar el mejor diseño, soportando la decisión cuantitativamente. (Jansen-Vullers & Netjes 2006)

La simulación de procesos de negocio, le permite a los involucrados, caminar los procesos paso a paso y revisar si el proceso cumple con el comportamiento deseado. (Weske 2007)

Una vez que un modelo de simulación ha sido creado, los interesados pueden experimentar con este, haciendo cambios y observando los efectos de estos cambios en el comportamiento del sistema. También una vez que el modelo ha sido validado, este puede ser usado para predecir el comportamiento futuro del sistema. De este modo se pueden hacer tantos cambios como sean necesarios, sin interrumpir la práctica del sistema modelado y así mismo, dar la oportunidad a la organización de estudiar los efectos de variación, dependiendo de las entradas al sistema y cambio en las condiciones del sistema, al igual que las estructuras dependiendo de los comportamientos del sistema. (Boricky 2010)

Pasos de un estudio de simulación

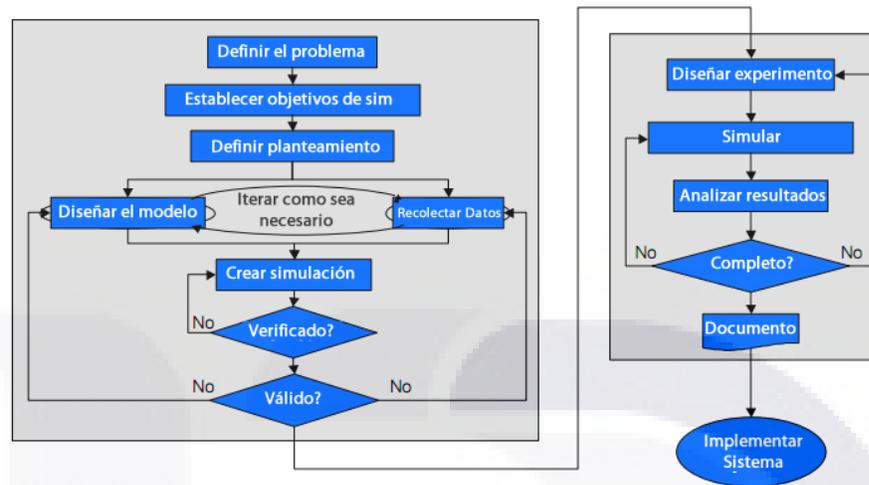


Figura 9. Pasos de un estudio de simulación

1.2.5 Limitaciones y Desventajas

En 1994 Hlupic & Robinson (1998) identificaron la necesidad de paquetes de software, que tuvieran una interface más amigable para el usuario en cuanto a captura de procesos y simulación, que pudieran permitir mejor visualización de los procesos de negocio y que además, habilite a los integrantes del equipo a participar activamente en los esfuerzos del modelado.

Para que un modelo de simulación sea exitoso se requiere que la información sea correcta y completa. El modelado requiere considerables volúmenes de datos bien organizados para poder entender y estructurar el comportamiento del sistema a estudiar. En el caso de tener jugadores externos, tal información puede no estar disponible, así que los negocios tendrán que confiar en suposiciones adicionales que tal vez pongan en riesgo la validez del modelo. Teniendo como resultado una toma de decisiones bastante complicada. (Giaglis et al. 1996).

A menudo las simulaciones se vuelven tardadas, consumen demasiado tiempo, la información no está disponible o es muy costoso obtenerla o el tiempo disponible antes de tomar decisiones no es suficiente para un estudio confiable. Adicionalmente se puede dar el caso, de que analistas de simulación con poca experiencia, o aquellos que se enfocan demasiado en el software de simulación y la tecnología gasten mucho tiempo, agregando demasiado detalle al modelo alargando el desarrollo del mismo, teniendo como resultado no cumplir con los tiempos y objetivos que marcaba el proyecto.

1.2.6 Aplicaciones de la Simulación

El campo de aplicación de la simulación es amplio, abarca desde el sector educativo con programas de entrenamiento que utilizan estas técnicas, hasta el médico y científico, donde con ayuda de la simulación, es posible obtener el resultado de estudios realizados con modelos de simulación en meses o semanas, en lugar de esperar años o generaciones para verlos. En el área de producción o manufactura, la simulación se utiliza para la planeación de la capacidad, reducción del tiempo de ciclo, planificación de recursos y personal, análisis de cuellos de botella, mejoramiento de la calidad, programación de la producción, procesamiento de órdenes, etc., también se aplica en el sector financiero para inversiones de capital entre otros.



II. Problemática Particular

La falta de procesos bien definidos, documentados y mantenidos es una problemática común en empresas con grado de madurez bajo. Debido a esto no hay conocimiento escrito, procedimientos y políticas generalmente están en el abandono y no son atendidos, solamente cuando se requiere de urgencia por alguna situación especial. Esto implica doble trabajo en esfuerzo y tiempo que incurre al final de cuentas en costos para los negocios y hasta mala productividad, debido a la pérdida de tiempo en retomar la solución del problema.

Como consecuencia de esto, es difícil establecer puntos de mejora e incluso métricas para evaluar el desempeño de los procesos internos del negocio. Así mismo la reingeniería de procesos es muy costosa ya que no se cuenta con el punto de partida necesario, en este caso la documentación ya sea inicial o actualizada de los procesos, para poder utilizar alguna herramienta tecnológica en este caso de simulación.

Los intentos de mejora son realizados a prueba y error en la línea de producción físicamente o incluso en algún cambio administrativo, incurriendo en conclusión de proyectos fuera de tiempo o saliendo por mucho del presupuesto establecido, sin contar el estrés ocasionado por los cambios antes realizados de forma fallida en el área.

El caso específico a tratar en este trabajo es el proceso de compra de material indirecto de la empresa Sensata Technologies de México.

Actualmente compras de indirectos está involucrado en la adquisición de alrededor de 650 números de parte y 7,500 refacciones dando atención a 800 técnicos aproximadamente, la provisión de material indirecto a las 83 líneas de producción y el abastecimiento del área de PEM en inglés *Plant Engineering and Maintenance*; donde se almacenan bienes como monitores, hojas de máquina, marcadores, ratones ópticos, plumas, etc., además también se encarga de gestionar mediante órdenes de compra el pago a contratistas y becarios.

Existen dos compradores que administran directamente la compra de material indirecto. Uno de ellos se encarga de monitorear el nivel de inventario de las refacciones. Por otro lado se tienen dos personas que negocian los precios, tiempo de entrega, etc. con diferentes proveedores locales y extranjeros, más no están involucrados directamente con la compra de material, a ellos se les conoce como administrador de mercancía o en inglés *commodity manager*.

La planeación de la materia prima es usualmente más sencilla que la del material indirecto ya que ésta se realiza mediante una herramienta de planeación de recursos corporativa (ERP *Enterprise Resource Planning*) como SAP, Oracle, Peoplesoft, que en el caso particular de Sensata es Oracle. En esta herramienta se proyecta en base a la demanda de producto terminado, la materia prima que se requiere comprar, gracias a las configuraciones que se realizan en el ERP en un módulo del sistema que contiene la lista de materiales (BOM *Bill of Materials*). En esta lista de materiales se agregan todos los componentes que se necesitan para construir un número de parte de producto terminado,

cantidad, descripción entre otros. El ERP tiene la capacidad de proyectar y en algunos casos crear las órdenes de compra de materia prima necesarias, en base a la demanda del producto final y la lista de materiales e incluso tiene la capacidad de programarlas para su liberación. La planeación del material indirecto no es tan sencillo o no se lleva de esta manera con un ERP. Una de las limitantes es que artículos como cajas de cartón, cinta, guantes, no están incluidos en la lista de materiales del ERP. No se sabe con exactitud cuanta cinta, cajas de cartón, etiquetas, se necesitarán para cubrir la demanda del producto final. Por lo tanto hay un riesgo latente de no contar con lo que se necesita y tener en inventario lo que no se requiere.

Aunado al problema de planeación de materiales existe la problemática de falta de recursos. La atención a todas las requisiciones de material por parte de los técnicos, para las refacciones de las máquinas y por otro lado, para surtir el área de PEM y los indirectos, que tienen que ver con la producción del producto terminado es brindada actualmente por tres personas. Estos tres recursos se encargan de transformar las requisiciones de compra en órdenes de compra. El proceso actual de requisiciones se lleva de manera manual. Se llena un formato de Excel con el producto o servicio a ser adquirido, la cantidad y el costo. El formato ya lleno con la información, si rebasa cierto monto es pasado a firmas y solo hasta entonces es depositado en un buzón, que está colocado debajo de este mismo departamento. De este buzón se toman las requisiciones firmadas y las tres personas o recursos del área se encargan de capturar la información en oracle, para crear la orden de compra por cada una de las requisiciones. Posteriormente la orden de compra es autorizada por hasta cuatro niveles dependiendo del monto de la misma.

Hay ocasiones, que el material requerido es urgente y se debe estar localizando al autorizador adecuado para poder liberar la orden y proceder con el embarque del material por parte del proveedor. Estas urgencias en algunas situaciones, son por la falta de herramientas para la planificación de compras de indirectos y por otro lado, porque existe una variación entre el inventario en sistema y el físico, o los niveles de min-max no están bien definidos por la variabilidad de la demanda del producto final.

Los problemas identificados en resumen son los siguientes:

- Inexactitud de inventarios físicos vs. Sistema
- Falta de recursos para el manejo de requisiciones
- Falta de herramientas que apoyen la planeación de material indirecto
- Parámetros incorrectos o falta de mantenimiento de los mismos del sistema de inventarios (min-max)
- Jerarquía de autorizaciones ineficaz

2.1 Contexto de la Empresa

2.1.1 Sensata Technologies

Sensata Technologies es líder mundial y un rápido innovador en sensores y controles de misión-crítica.

En promedio Sensata manufactura 20,000 productos diferentes y embarca 800 millones de unidades anualmente bajo sus marcas registradas Klixon, Airpax y Dimensions.

Los dispositivos fabricados en Sensata son utilizados en el ramo automotriz, electrodomésticos, aéreo, industrial, militar, vehículos pesados, calentadores, aire acondicionado, datos, telecomunicaciones, vehículos recreativos, etc.; ayudando a satisfacer la creciente necesidad de seguridad, eficiencia energética y un medio ambiente limpio, al mejorar la seguridad, eficiencia y confort para millones de personas todos los días.

Sensata Technologies cuenta con centros de negocios y oficinas de venta en diversas partes del mundo (figura 10), que incluye Estados Unidos, República Dominicana, Holanda, China, Japón, Corea, Brasil, Malasia y México.

El edificio corporativo de Sensata Technologies se ubica en Attleboro, Massachussets, situado a 30 min. al sur de Boston, 20 minutos al norte de Providence y a pocas horas de Nueva York.

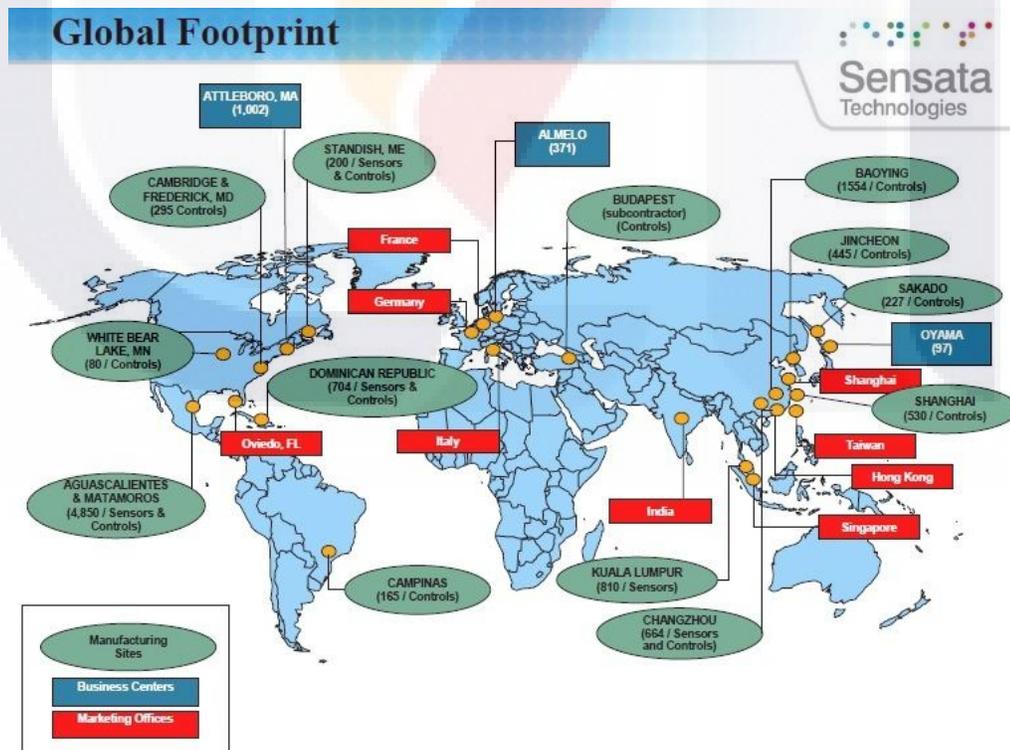


Figura 10. Presencia de plantas de la empresa Sensata Technologies en el mundo

Como parte de su política de Vecino Corporativo, Sensata se compromete a mejorar la calidad de vida de las comunidades en las que opera. Promoviendo programas de servicios que ayuden al desarrollo educativo, ambiental, económico, cívico y diversificación de las comunidades donde se establece.

La prioridad número uno es la salud y seguridad de sus empleados, vecinos y comunidad.

2.1.2 Sensata Technologies de México

México fue seleccionado como sitio de expansión y proveedor de servicios para América como resultado de la estrategia de productor de mejor costo, del grupo de materiales y controles en el año de 1995. Esto requirió la construcción del edificio que actualmente alberga a Sensata Technologies el cual fue terminado en 1996.

El sitio de Sensata en México está ubicado en la ciudad de Aguascalientes, es el más importante en cuanto a producción y empleados. Actualmente cuenta con 5,300 empleados incluyendo empleados, contratistas y becarios.

En esta planta existen 83 líneas de producción las cuales se dividen en automotrices y de controles eléctricos, cuenta con áreas administrativas de soporte como Finanzas, Recursos Humanos, Tecnologías de Información (Servicios), Calidad, Compras y Logística (Planeación y almacén).

2.1.3 Área de Compras de Material Indirecto

El departamento de compras de Sensata Technologies está dividido en varias áreas; una de ellas es el área encargada de la compra de material directo como materia prima y sub ensambles, que directamente influyen en la fabricación del producto terminado. Por otro lado está la adquisición de cajas corrugadas, guantes, cubre dedos, bolsas, etiquetas, etc., que no influye directamente en la fabricación del producto terminado, pero si en su proceso de empaque, embarque, etc.; a estos bienes se les conoce como material indirecto y son responsabilidad del área de compras de material indirecto. El departamento de compras y en específico el área de compras de material indirecto, también está involucrada en la adquisición de refacciones para las máquinas de producción, o herramientas que están relacionadas con los procesos de manufactura.

Existe también un área responsable de desarrollar e instruir a los proveedores de materiales y servicios para que cumplan con las políticas y procedimientos necesarios, con el objetivo de que Sensata reciba los bienes de acuerdo a dichas políticas y se llegue a un acuerdo que beneficie a ambas partes. El nombre de este departamento es Desarrollo de Proveedores o por sus siglas en ingles mejor conocido en la organización como Best Cost Sourcing (BCS).

2.2 Modelos de Inventarios para la compra de Material

2.2.1 ¿Qué es Inventario?

Inventario son materiales almacenados en un lugar designado para ese fin, son materiales esperando a ser procesados o incluso en procesamiento. Generalmente se almacenan en empresas grandes cientos o miles de números de parte en inventario, variando desde pequeños objetos como lápices, papel, clips, desarmadores, guantes, tornillos hasta bienes como máquinas, equipos de construcción, etc., dependiendo el ramo al que pertenece la organización (Stevenson 1996).

Todas las organizaciones mantienen inventario, el cual incluye materia prima en procesamiento, suministros utilizados en operaciones como cubre dedos, guantes, grasa, químicos o cualquier suministro utilizado para la elaboración del producto final. También forman parte del inventario las refacciones para las máquinas o equipo de manufactura y de igual modo lo hacen, los números de parte de producto terminado empacado listo para ser embarcado.

El inventario trae consigo costos entre los que se incluyen (Muller 2003):

- Espacio
- Mano de obra para recibo, chequeo de calidad, acomodo, retiro, selección, empaque, embarque, conteo y aclaraciones
- Deterioro, daños y obsolescencia
- Robo

Donde también incluiría las dos siguientes:

- Regresos de material
- Entrega de materia prima y recolección de producto terminado en piso

La mayoría de los ejecutivos y encargados del área de inventarios constantemente están buscando como reducir el material almacenado, debido al costo que involucra el tenerlo almacenado estático, en espera de ser embarcado o utilizarlo para el fin con que se adquirió. Al tener almacenados esos bienes es como tener dinero guardado en cajones o tener bienes invertidos que no están produciendo ni generando, ni regresando algún valor. Los costos de inventario generalmente caen dentro de dos categorías: costos por orden y costo por mantenimiento (Muller 2003).

Costo por orden. Estos costos incluyen los salarios de quienes compran los bienes, el costo de expedición, estos no involucran el costo real de los bienes a ser adquiridos.

Costo por mantenimiento. Los costos por mantenimiento son aquellos que se relacionan con el valor del capital aunado al inventario que se tiene, costos de almacenamiento como rentas y también incurre el costo por manejo de material, como equipo, personal de almacén y mantenimiento de provisiones, pérdida o desperdicio de provisiones, impuestos, etc.

Por otro lado contar con inventario también es importante, estos brindan una entrada estable de suministros y materia prima a producción, sobre todo cuando no se tiene una fuerte comunicación electrónica entre departamentos y proveedores, la calidad del producto y los tiempos de entrega no son constantes. Un inventario grande requiere menor reaprovisionamiento y puede reducir los costos por orden. Un inventario grande también facilita el mantener niveles altos de servicio al cliente, partiendo de la premisa de que se cubrirá la demanda de materiales para generar el producto final y no existirán retrasos. Sin embargo el contar con altos niveles de inventario se opone a la encomienda de reducción de costos, de operar eficientemente reduciendo los niveles de inventario. Es hasta entonces cuando al requerir un alto nivel de servicio al cliente, lo cual conlleva almacenar grandes volúmenes de inventario y por otro lado, se pide al mismo tiempo reducir costos de almacenamiento, lo cual se traduce en reducir niveles de inventario, es que se entiende que el problema se debe analizar desde una perspectiva superior.

2.2.2 La Cadena de Abastecimiento

La cadena de abastecimiento es la coordinación de producción, inventario, ubicaciones y transporte entre los participantes de la cadena, para lograr la mejor mezcla de respuesta y eficiencia para el mercado al que se sirve (Hugos 2003).

En palabras de Beamon (1998) la cadena de abastecimiento es “un proceso integrado de manufactura dentro del cual la materia prima es convertida en producto final y después entregada a los clientes”. En su nivel más alto la cadena de abastecimiento está compuesta por dos procesos básicos: el primero es la planeación de la producción y el proceso de control de inventario y el segundo es el proceso de distribución y logística.

Otras definiciones como la de Martin L. Christopher en (Mentzer et al. 2001) describen a la cadena de abastecimiento como: “una red de organizaciones que están involucradas a través de vínculos de entrada y salida, en los diferentes procesos y actividades que crean valor en forma de productos y servicios entregados al cliente final”. Estas organizaciones colaborativas pueden ser locales o extranjeras y además dedicarse a diferentes ramos, pueden ir desde fabricantes de algún suministro hasta transportistas, empresas manufactureras y distribuidores.

¿Y el material indirecto como se obtiene? Dentro de la cadena de abastecimiento si tomamos los dos procesos básicos mencionados anteriormente, la adquisición de material indirecto no se encuentra a primera vista en ninguno de ellos, sin embargo el proceso de compra de material indirecto está muy relacionado con la planeación de la producción y control de inventarios. Si no se tienen los suministros necesarios no es posible la liberación del producto final planeado.

Según Hugos (2003) existen cinco controladores importantes en la cadena de suministros o abastecimiento. El primero es la producción, refiriéndose básicamente al que, como y cuando producir. El segundo es el inventario, cuanto se debe hacer y cuando se debe almacenar. El tercero es la ubicación, donde es mejor hacer cierta actividad. El cuarto es la transportación, cuando y como mover un producto y el quinto es la información que es la base para tomar las decisiones respecto a los otro cuatro.

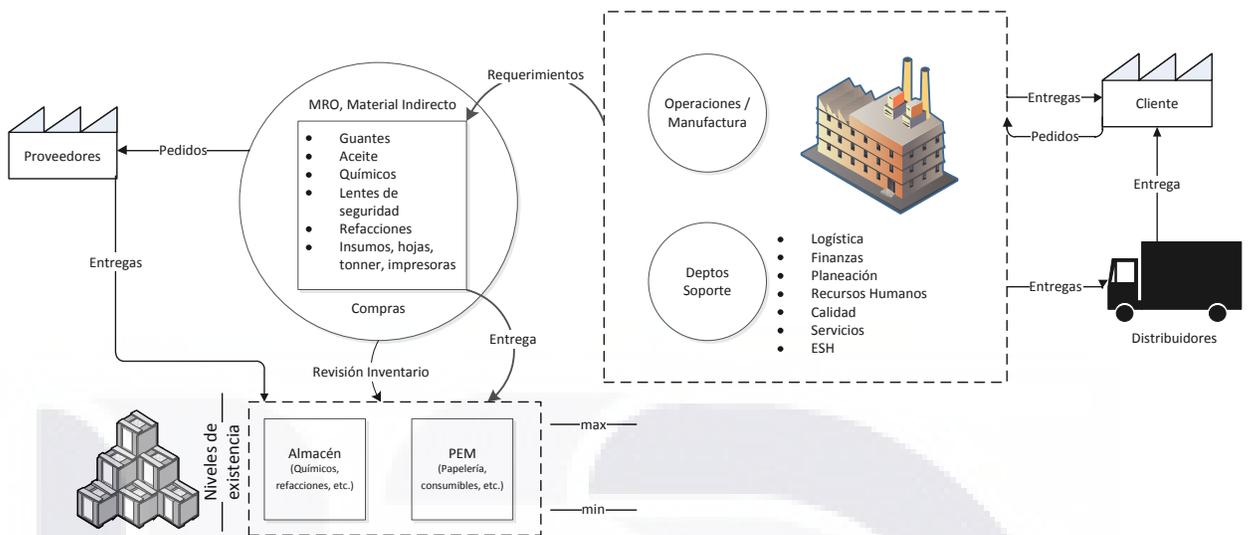


Figura 11. Injerencia compras de material indirecto en cadena de abastecimiento

Generalmente la compra de MRO o material indirecto se realiza por requisición a petición de la persona interesada. Dicha requisición es aprobada y finalmente una vez aprobada esta, se da de alta la orden de compra. Existen en algunos casos convenios con ciertos proveedores bien conocidos en donde ya se tiene un acuerdo por previa negociación y el artículo o los artículos se compraran de manera directa con él. En otros casos se hace una licitación con varios proveedores y se escoge el que mejor convenga según las características de este. Una vez elegido el proveedor, este formará parte de la cadena de suministros de la organización, acrecentando la importancia de su participación en la misma. Del lado de la organización, el proveedor espera que su cliente tenga bien definidas las demandas en cantidad y tiempos de entrega, o al menos en la medida de lo posible, para de esta manera obtener buenos resultados y alcanzar sus metas como consecuencia de un buen trabajo colaborativo. La figura 11 muestra la relación del área de material indirecto con el resto del negocio y como este forma parte de la cadena de abastecimiento de la organización.

2.2.3 Tipos de Inventario

Las categorías más comunes de inventario para toda organización son tres:

- a) Materia Prima ya sean sub ensambles o partes adquiridas de terceros
- b) Bienes parcialmente completados o en proceso por su siglas en inglés (*WIP Work In Process*)
- c) Producto Terminado

Otras categorías también son consideradas por Stevenson (1996) y Muller (2003), quienes coinciden en la inclusión de:

- d) Consumibles como bulbos, hojas de papel, cintas, materiales para limpieza, lubricantes, pintura, material de empaque, etc.
- e) Servicio, reparación, partes para reemplazo o refacciones y herramientas

Además Stevenson (1996) considera también el material en tránsito como un tipo de inventario; es decir el material que aun no llega a su destino final, dígase al cliente o algún intermediario, aún es considerado como inventario para la organización.

2.2.4 Modelos de Inventario

Los modelos de inventario se dividen principalmente en modelos determinísticos y modelos estocásticos o probabilísticos. Los **modelos determinísticos** son aquellos modelos analíticos, en los que todas las variables están definidas y son conocidas, mientras que en los **modelos estocásticos**, al menos una de las variables no es conocida y se asume que el modelo, sigue una distribución de probabilidad particular.

También se refiere a los modelos de inventario determinísticos como modelos para demanda independiente. Los números de parte que conforman el producto terminado se consideran como de **demanda independiente**. Generalmente estos artículos son vendidos o embarcados y ya no son tomados en cuenta para generar más producto terminado (Stevenson 1996). En estos casos no hay manera de determinar con precisión cuanto producto será demandado durante un periodo de tiempo dado. Se dice que es independiente porque ya no está dentro del control de la organización, esta demanda está influenciada por las condiciones del mercado (Muller 2003).

La adquisición y producción de materia prima y sub ensambles respectivamente está sujeta al número de piezas de producto terminado que se requieren construir, entonces se dice que su **demanda es dependiente**.

Dentro de los modelos determinísticos se encuentran los siguientes:

- Cantidad Económica de Pedido (EOQ)
- Minimización de costos
- Puntos de re orden
- Cantidad de Producción de Pedido (POQ)
- Cantidades por descuento

Entre los modelos estocásticos que siguen alguna distribución de probabilidad se encuentran:

- Periodo único y revisión periódica
- Pedidos de intervalos fijos
- Niveles de existencia continua

2.2.5 Sistemas de Inventario

Existen también diferentes sistemas de inventarios, creados para auxiliar en la disminución de costos por manejo de material, órdenes, obsolescencia, etc. Algunos de estos sistemas son bien conocidos tal es el caso del sistema justo a tiempo (JIT) o el sistema Kanban entre otros, donde el objetivo es minimizar la cantidad de inventario almacenada, para no incurrir en un costo mayor.

JIT. Las compras JIT junto con la administración total de la calidad (TQM), han reducido de manera exitosa los inventarios e incrementado la efectividad de las funciones propias del departamento de compras y por lo tanto también las de manufactura, en diferentes empresas alrededor del mundo (Gunasekaran 1999). El JIT fue desarrollado dentro de las operaciones de manufactura de Toyota por Taiichi Ohno en los años 70's como un medio de cumplir con los requerimientos de cliente. En su forma original el JIT se refiere a la producción de bienes, productos o sub ensamblés para cumplir con la demanda del cliente de manera exacta en términos de tiempo, calidad y cantidad (Muller 2003).

Kanban. El sistema Kanban emplea tarjetas (Kanban) para indicar la necesidad de entregar y de producir más partes. Las tarjetas Kanban están asociadas a unidades o contenedores, que tienen un determinado número de piezas. Cuando un contenedor es agotado su respectiva tarjeta Kanban es desprendida y esta se vuelve una orden que deberá ser atendida (Callaghan 1986). En Oracle ERP existe la opción de crear tarjetas Kanban electrónicas. El operador encargado del control de inventario en línea, puede por medio del ERP, requerir material a almacén utilizando estas tarjetas electrónicas. Almacén recibirá el requerimiento y despachará el material a la línea que lo requirió, realizando la descarga del material de sus ubicaciones en almacén y cargándolo lógicamente al inventario de la línea que lo solicitó.

Min-Max. En estos sistemas de control hay una cantidad mínima, por debajo de la cual no se deben permitir que caigan las existencias de inventario y existe un límite máximo, que señala que no debe haber inventario por arriba de ese límite. Con el fin de calcular el límite máximo en estos sistemas se debe determinar con qué frecuencia serán colocados los pedidos (Muller 2003). Min-Max lleva en ocasiones a que el planeador o comprador coloque órdenes de cantidades grandes por varias razones. La primera es el miedo al desabastecimiento. La segunda es porque generalmente se calcula en base a niveles de inventario históricos, que provienen de funciones del ERP. Los cálculos del ERP dependen altamente de que las listas de materiales sean exactas y que además, se tenga un seguimiento detallado del material defectuoso y de desecho. Datos incompletos o inexactos en alguna de estas áreas provocará datos inexactos que finalmente tendrán como resultado un pronóstico pobre (Ultriva Inc 2007).

Clasificación ABC. Se clasifican los números de parte de acuerdo a su costo y utilización para así determinar cuáles son los números de parte más importantes (A), los medianamente importantes (B) y los menos importantes (C), basándose como ya se mencionó en su costo y utilización. Las existencias actuales no necesariamente indican cuales números de parte son importantes para el negocio. Por un lado puede haber

números de parte importantes con existencia baja debido a que, se están esperando ordenes próximas a arribar y por el otro puede haber números de parte con grandes volúmenes de inventario y no es, precisamente porque sean importantes, si no porque nadie los está utilizando. Usualmente los números de parte se ordenan de acuerdo a su rotación de existencias. Mediante el análisis de Pareto se visualiza que el 80% del valor de la demanda se encuentra en el 20% de los números de parte con rotación de existencias. El propósito del análisis ABC no es tener diferentes tipos de servicio, si no proveer el servicio a un menor costo y esfuerzo (Wild 1997), además de asegurar que se esté ordenando o comprando lo que realmente se usa y evitar acumular inventario de partes sin demanda que solo aumentan costos y no regresan valor al negocio.

Existen más sistemas para controlar inventarios como el sistema de dos recipientes, los **conteos cíclicos**, los sistemas de **inventarios perpetuos**, el sistema de **órdenes cíclicas**, todos enfocados a reducir y controlar los niveles de inventario e incrementar la eficiencia operacional.

2.3 Proceso Actual de Compra de Material Indirecto

Utilizando la notación de procesos de negocio BPMN se describe a continuación el proceso de compras. En el primer modelo (figura 12) se observa que el iniciador del proceso es un evento. Este denota una regla de revisión de inventarios periódica y el evento se disparará si el nivel de inventario es menor al mínimo. Entonces el proceso de compra de material se activará y el resultado de este será la adquisición del material faltante para así recuperar el nivel de existencias requerido de acuerdo al Min-Max preestablecido para ese artículo o los artículos en cuestión.



Figura 12. Proceso de compras (vista general)

El proceso de comprar material se divide en actividades y procesos que se muestran en la figura 13. Se puede observar que juegan papeles importantes tres actores principales: el comprador, el aprobador y el proveedor.

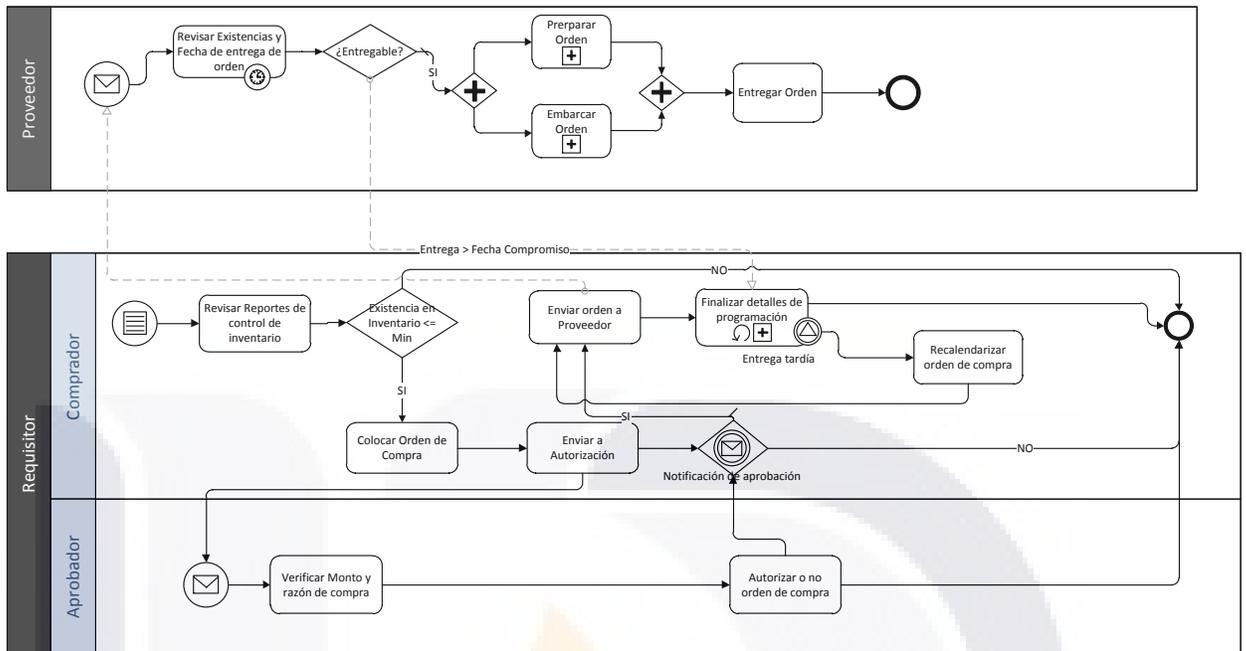
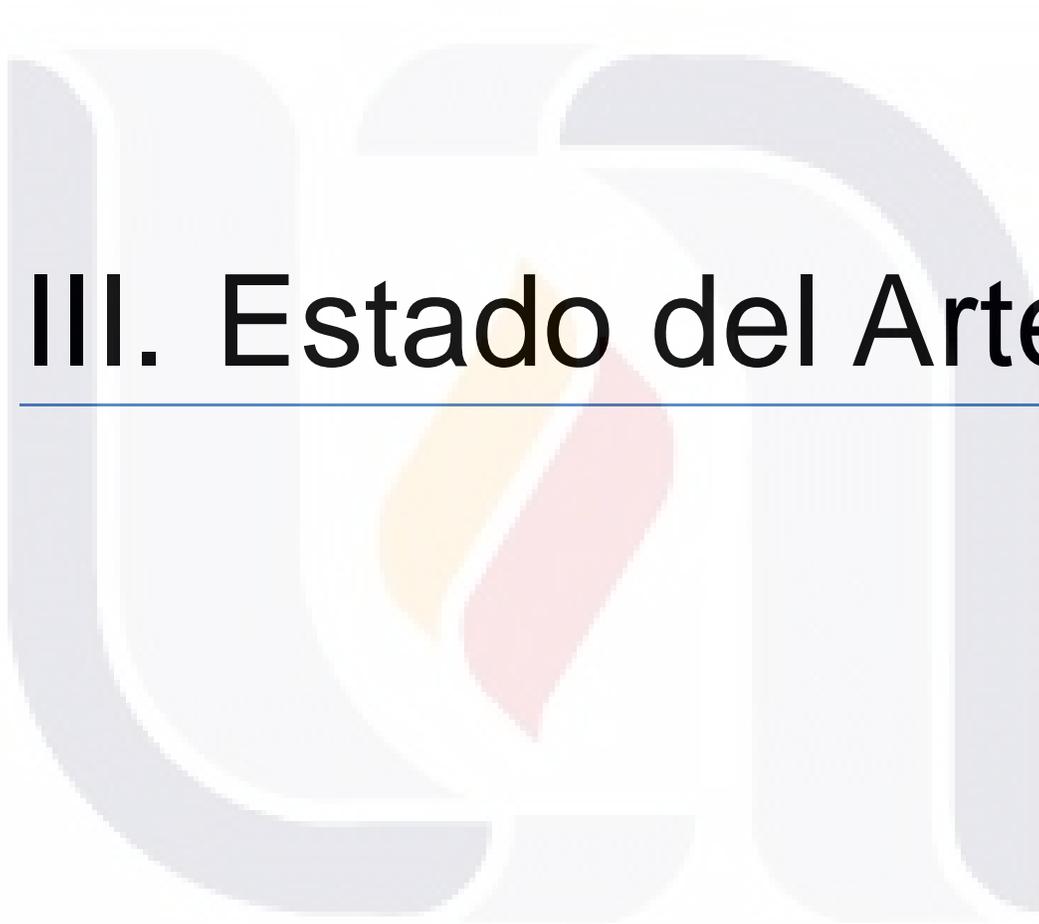


Figura 13. Proceso de orden de compra colaborativo

III. Estado del Arte



En cuanto a simulación, hablando de herramientas específicamente, existen documentos donde se hace un análisis comparativo de ventajas y desventajas de herramientas de simulación. Bosilj-Vuksic et al. (2007) proponen un estudio comparativo de modelado, simulación y capacidad de análisis en los resultados. Y sugieren que se debe trabajar en la visualización de la salida, donde se pueda observar a los elementos moviéndose a través de las tareas siendo procesadas en lugar de estar siendo consumidas y producidas por un retardo. Así como considerar la adición de mejores reportes de salida como tableros de desempeño y herramientas “what-if”.

Kloos et al (2009) diseñaron y crearon una metodología que sienta las bases para la transformación semiautomática de modelos de procesos a modelos de simulación. Creando los artefactos necesarios y utilizándolos según su correspondencia y finalmente normalizar el modelo para luego ser transformado a modelo de simulación.

Giaglis (2001) y Recker et al. (2009) realizaron un análisis comparativo de varias técnicas de modelado. El primero refiere su estudio como “taxonomía de modelado de proceso de negocios (BPM) y técnicas de modelado de sistemas de información” bajo cuatro perspectivas, funcional, comportamiento, organizacional e informativa. Su estudio está dirigido a la diferenciación de las técnicas. Obteniendo como resultado un marco para elegir la que mejor se ajuste para el problema a modelar. Mientras que el estudio realizado por Recker et al. (2009) es más amplio y con un enfoque diferente, realizando comparaciones en los constructos como: déficit, redundancia, exceso y sobre carga. Su estudio sugiere que técnicas como BPMN proveen una cobertura más amplia y además, que la efectividad y aplicación de técnicas de modelado y modelado de procesos en general, ha incrementado y seguirá incrementando en los siguientes años con la venida de nuevas técnicas. Así como destacan la falta de integración de las políticas de negocio en las técnicas de modelado.

En el estudio “¿Cómo asegurar que el modelo está conforme al proceso?” Ghose & Koliadis (2007) proponen codificar los modelos de procesos en diagramas semánticos llamados Redes de Procesos Semánticas (SPNets), define relaciones de proximidad que permiten comparar modificaciones alternativas del modelo de procesos en términos de variación del modelo original. Es importante encontrar desviaciones en los modelos, para evitar la creación de procesos desde cero, cuando un proceso no conformante es encontrado, además de que el proceso en cuestión puede estar ya implementado y peor aún, tener recursos asignados con su configuración inicial. Es por esto que Ghose & Koliadis (2007) sugieren este novedoso marco de trabajo con técnicas heurísticas y notación semántica.

La *Notación de Modelado de Proceso de Negocio* por sus siglas en inglés (BPMN) ha recibido gran interés y apoyo por parte del sector industrial(Ghose & Koliadis 2007). Una notación de modelado estándar de procesos de negocio brindará a la organización la capacidad de entender sus procedimientos de negocio internos con una notación gráfica, además de proveer la habilidad de comunicar estos procedimientos de una manera

estándar. Aún más, esta notación grafica facilitará el entendimiento del desempeño colaborativo y transacciones de negocio entre las organizaciones. (White & Miers 2008)

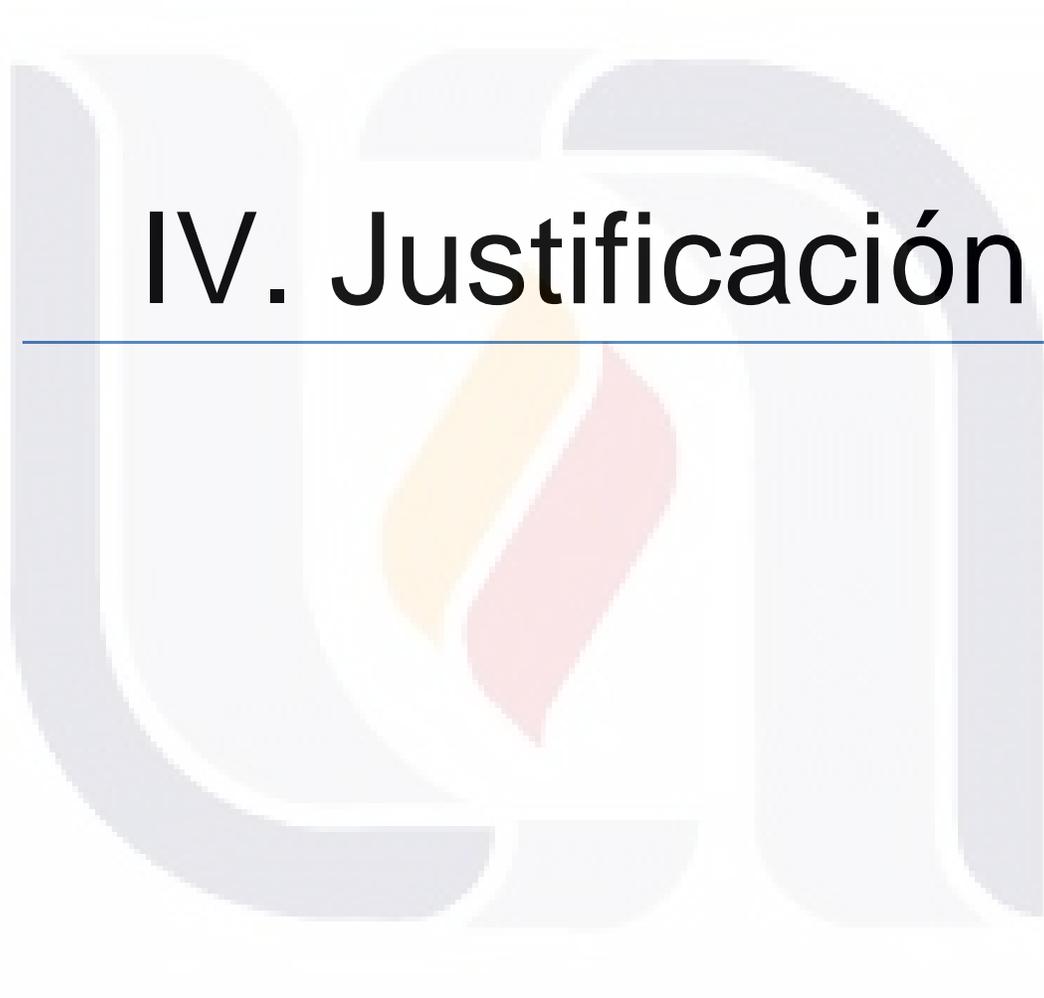
Al detectar una posible mejora en un proceso ya sea por no apegarse al modelo, por obsolescencia o la razón que fuere, el siguiente paso es el rediseño del proceso. El desafío es generar un proceso que sea mejor en una o muchas maneras superior a su predecesor. En este sentido, Mansar & Reijers (2005) proponen un marco de trabajo para ayudar al diseñador a seleccionar las mejores prácticas, medidas contra los elementos del marco de trabajo tales como el cliente, vista operacional, vista de comportamiento y la estructura organizacional.

Referente al caso de estudio específico de este trabajo, la aplicación de la simulación es una opción utilizada en la actualidad como herramienta para tomar decisiones tácticas y estratégicas, respecto a la configuración de los procesos de negocio de la cadena de abastecimiento. Kleijnen J.P.C. & Smits M.T. (2003) concluyen que las herramientas desarrolladas para medir el desempeño de ciertos procesos como el balance scorecard, introducido por Kaplan y Norton en los años 90's, muestran el estado actual de la empresa, brindando una visión general de los diferentes indicadores de interés para los mandos medios y superiores, sin embargo no contempla la opción de tener una visión previa de cómo se presentarán estos indicadores de acuerdo a los cambios que se vayan realizando. Kleijnen J.P.C. & Smits M.T. (2003) presentan un listado de diferentes tipos de simulación y un recuento de los principales métricos, tomados en cuenta, en los diferentes estudios recolectados en compañías como Ericsson y automotrices europeas dentro de la cadena de simulación.

A nivel operacional Wynn et al. (2008), investigan los requerimientos para un ambiente de simulación de procesos, que permitan al experimento de simulación comenzar desde un estado de ejecución intermedia. En este caso los autores proponen una arquitectura y llevan a cabo un caso de estudio para efectos prácticos y demostrativos probando su validez.

Existe gran variedad de herramientas comerciales relacionadas con el modelado de proceso de negocios y simulación de la cadena de abastecimiento, Dong et al. (2006) menciona varias entre ellas: Supply Solver, Supply Solver Guru, IBM Supply Chain Analyzer (SCA), LOCOMOTIVE e IBM SmartSCOR. Esta última basada en la herramienta de modelado de procesos de negocio IBM WebSphere Business Modeler (WBM). Por otro lado están las herramientas clásicas que van desde las hojas de cálculo donde los usuarios pueden por sí mismos mediante fórmulas, analizar y simular de manera sencilla algún problema, hasta herramientas desarrolladas para cubrir algún caso específico por requerimiento del negocio.

IV. Justificación



El conocimiento de una organización radica en los procesos que ejecuta. Giaglis (2001) y Ruopeng & Sadiq (2007) proponen un estudio de las metodologías existentes de modelado de procesos de Negocio. Desafortunadamente gerentes y supervisores, no toman importancia a la creación y mantenimiento de este tipo de actividades y difícilmente se ve como una inversión que regrese ganancias a corto plazo. Se dice que para que una empresa alcance un grado de madurez, debe tener controlados y documentados sus procesos, más aun, para hacer reingeniería de procesos los modelos actuales deben existir (Mansar & Reijers 2005). La modelación de procesos de negocio no es algo que se haga de la noche a la mañana, es un proceso largo multidisciplinario que se conforma de varias etapas.

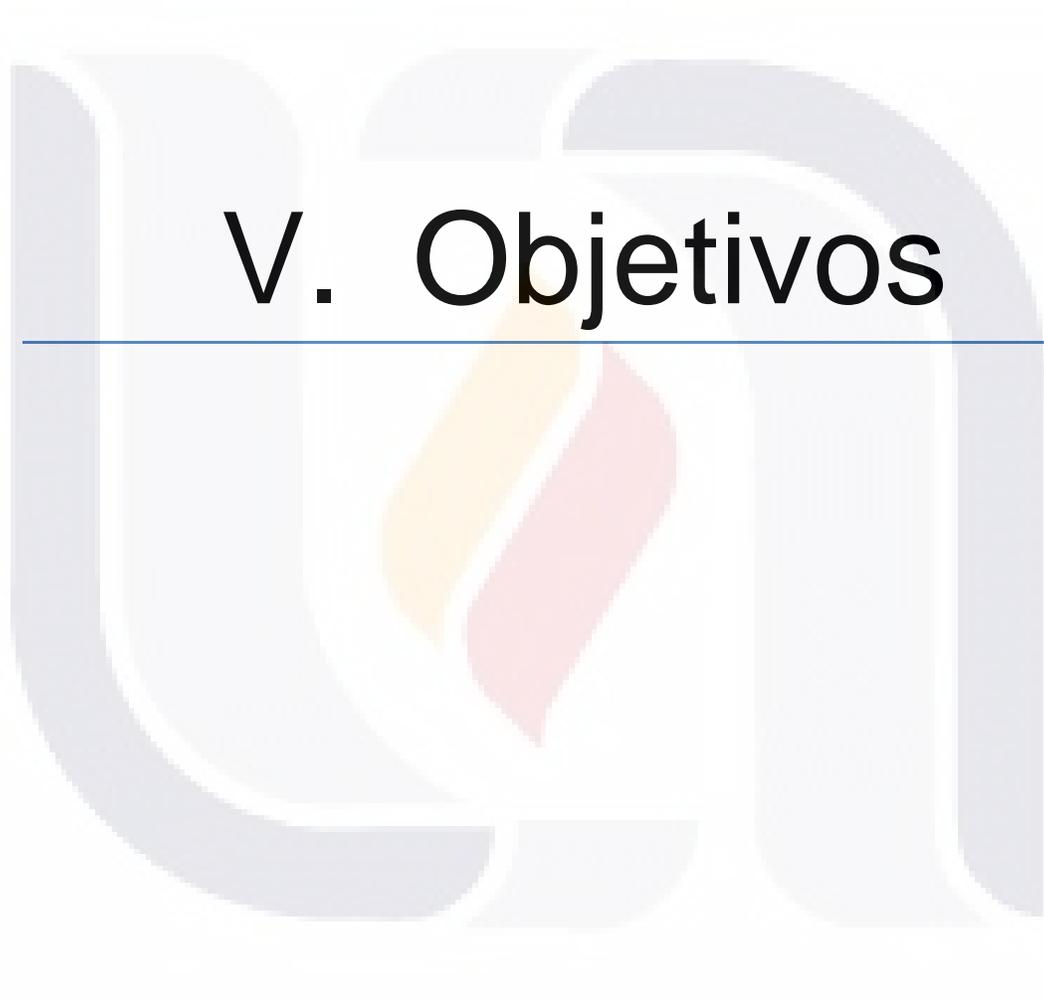
Propuesto el marco de trabajo dado por Kloos et al. (2009) para convertir el modelo de procesos a modelos de simulación, donde los procesos pasarán de ser modelos de procesos de negocios a modelos de simulación. Antes de definir el modelo de simulación y comenzar un proyecto de este tipo se deben definir objetivos o debe tenerse justificación del trabajo a ser realizado. Con el modelo de simulación se podrán hacer pruebas y se podrá verificar de una manera más segura que lo que se está haciendo este alineado a los objetivos estratégicos o de negocio de la organización.

La modelación de procesos de negocio y simulación, siendo bien enfocada tiene la ventaja de probarse sin necesidad de irrumpir en la producción diaria, ya sea de una línea de manufactura o de un proceso administrativo, etc. Este tipo de inversiones debería ser considerado por la alta gerencia y verse como una oportunidad hacia la reingeniería sustentada y a la mejora continua.

Problemas complejos que no son fáciles de resolver analíticamente, con la simulación pueden ser abordados, contando con la certeza que brindan resultados cuantificables y verídicos basándose en la información histórica con la que inicialmente son cargados.

El modelado y la simulación ayudarán a encontrar el o los factores clave, que contribuyen a la mejora de desempeño de las áreas sobre las cuales el departamento de material indirecto tiene influencia, como manufactura y almacén sin la necesidad de añadir mano de obra o tomar cualquier otra decisión sino, hasta saber el factor o cual problema es determinante para obtener los resultados favorables esperados.

V. Objetivos

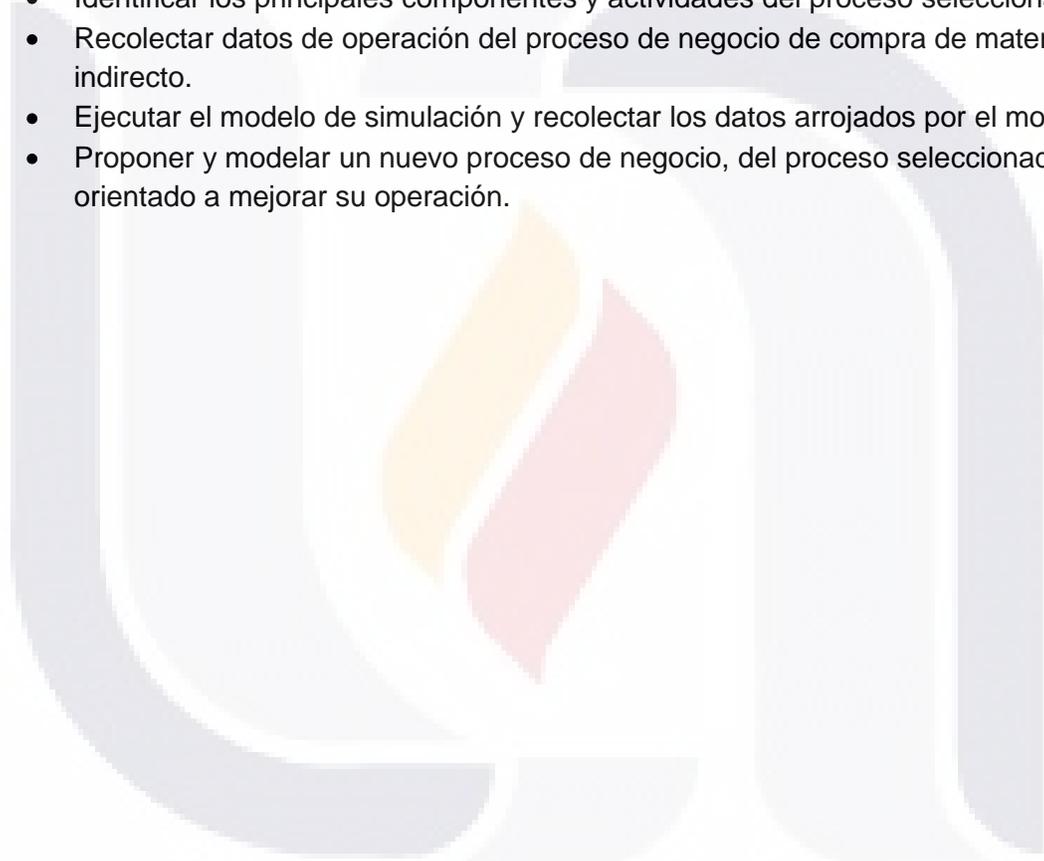


Objetivo general:

Proponer mejoras al proceso de compras de material indirecto utilizando modelado de procesos de negocio y técnicas de simulación.

Objetivos específicos:

- Modelar el proceso de negocios actual del proceso de compra de material indirecto.
- Identificar los principales componentes y actividades del proceso seleccionado.
- Recolectar datos de operación del proceso de negocio de compra de material indirecto.
- Ejecutar el modelo de simulación y recolectar los datos arrojados por el modelo.
- Proponer y modelar un nuevo proceso de negocio, del proceso seleccionado, orientado a mejorar su operación.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

VI. Estudio de casos similares

Existe amplia literatura referente a simulación de procesos de negocio y modelado, incluso literatura tratando estos temas por separado (simulación y modelado). También existe literatura sobre simulación de procesos de negocio con un enfoque a la reingeniería de procesos de negocio (Greasley 2003), (Kettinger et al. 1997), (Vergidis et al. 2008), (Vergidis et al. 2008) entre otros. Casos de simulación de cadenas de abastecimiento incluso utilizando hojas de Excel en los años 90's (Kleijnen 2005), (Chwif et al. 2002) mencionando a (Powell 1997) y (Plane 1997). Los siguientes tres casos de estudio abordan de manera práctica la aplicación de la simulación al proceso de negocio de la cadena de abastecimiento. El primero aborda el desarrollo de un modelado de simulación de una organización, con el objetivo de comparar la misión de esta contra la visión que debería alcanzar en un tiempo futuro. Este caso toma como base tres métricos identificados como indicadores de desempeño y describe el procedimiento utilizado, desde el desarrollo del modelo del proceso de forma actual, hasta la comparación final realizada entre el modelo actual y el mejorado.

El segundo es un caso de investigación, donde se pretende encontrar el nivel de afectación en el desempeño de la cadena de abastecimiento a consecuencia de la inexactitud de los inventarios; cuando el inventario físico difiere del inventario en los sistemas de información, causando problemas de desabastecimiento o sobre abastecimiento. En esta investigación se contemplan tres diferentes causas que contribuyen a las discrepancias de inventarios y cuatro indicadores de desempeño, que varían de acuerdo al porcentaje en que las tres causas del problema aumentan o disminuyen. Al igual que el primer caso expuesto, en este segundo ejemplo se desarrolla un modelo base, se valida y posteriormente se analizan los resultados del modelo base contra el modelo optimizado.

El último de los tres casos nombrado "Usando Simulación Para Analizar Cadenas de Abastecimiento" se ocupa más de mostrar, de manera práctica, la utilización de la simulación mediante dos aplicaciones. La primera fue específicamente desarrollada para una ensambladora de vehículos blindados. En esta se trata de encontrar la mejor opción para un nuevo proceso de manufactura, que involucra la construcción del casco de los vehículos. La segunda aplicada de manera general a la resolución y análisis de los problemas que aquejan a la cadena de suministro o abastecimiento. En las dos soluciones se le permite al usuario alterar el modelo con la entrada de parámetros como costo, tamaño de lote, etc., para posteriormente finalizar con un análisis y visualización de resultados de manera gráfica y amigable al usuario, facilitando su comprensión.

Caso 1. Desarrollo de un Modelo de Simulación de Alto Nivel de la Cadena de Suministro.

En este caso la organización a estudiar es una empresa de distribución y logística internacional que provee sus servicios a un grupo de clientes significativo, distribuido en 50 estados de la Unión Americana y cerca de 27 países en 500 sitios, ubicados en las cercanías y que está en asociación con clientes y proveedores. Esta organización provee millones de productos a sus clientes.

El propósito del análisis fue comparar la visión de la organización a la misión o la operación actual de los procesos, para determinar el valor de los beneficios, impacto operacional y sensibilidad. Los beneficios e impactos operacionales fueron capturados midiendo el cambio en los siguientes indicadores claves de desempeño:

1. Niveles de servicio
2. Rotación del inventario
3. Tiempo de ciclo orden-entrega

En este estudio incluyeron tres procesos que los autores consideraron tienen influencia directa y relevante sobre los tres objetivos anteriores. (1) Cumplimiento de las ordenes (Order Fulfillment), (2) Obtención (Procurement) y (3) Planificación de demanda y proveeduría.

En la metodología utilizada se creó un modelo de simulación que refleje la operación actual para posteriormente compararla con el modelo mejorado u optimizado (Jain et al. 2001). Los pasos utilizados en su trabajo fueron:

1. Desarrollo de un modelo del proceso actual-real
2. Desarrollo de un sistema de simulación del modelo actual-real
3. Desarrollo de un modelo de proceso mejorado u optimizado
4. Desarrollo de un sistema de simulación con el modelo de proceso mejorado u optimizado
5. Finalmente un estudio comparativo de ambos escenarios (real vs mejorado)

La herramienta utilizada en este caso fue ARENA y los modelos de procesos creados utilizando System Dynamics para representar los flujos y estados de los materiales con Microsoft Visio. Los autores consideran que con la ayuda de los bloques y sus estados, mostrados de manera gráfica a usuarios no técnicos, es más fácil comprender los resultados y el desarrollo de la simulación.

Para conseguir con éxito el modelo del proceso ellos sugieren que el grado de abstracción es de gran importancia, ya que en base a esto, se toman los aspectos que tienen una influencia directa en las medidas de desempeño que se necesitan incluir en el modelo. Mencionan que la abstracción es “el proceso para determinar cual parte del proceso de la vida real será modelado y con qué grado de detalle”. Consideran que este paso es el “arte” en la ciencia de la simulación.

De acuerdo a los métricos de desempeño incluidos en este caso se determinó, que el alcance del modelo incluyera, todos los procesos desde la recepción de órdenes de clientes hasta la entrega de los productos a estos clientes, además de todos los procesos de soporte que aseguran la disponibilidad de los productos (planificación de abastecimiento y compras). También se tomó en cuenta el flujo de materiales entre los centros de distribución y los proveedores, así como los clientes. Se eligió un grupo de productos representativo con la ayuda de un análisis de segmentación, a través de

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

unidades de negocio, frecuencia de órdenes y canales (inventario propio de la organización o inventario mantenido del lado del proveedor). Se tomaron en cuenta las políticas más importantes de control de inventarios en la organización como restricciones en el sistema.

Los datos utilizados para este caso de estudio fueron datos históricos de tres años de antigüedad además de la realización de entrevistas a expertos en la materia, con el fin de documentar el proceso real de cumplimiento de órdenes, compras y planificación de demanda y proveeduría.

Hay ocho puntos involucrados en el desarrollo del sistema de simulación.

1. Suposiciones. Los autores describen siete suposiciones involucradas con actividades de transportación y distribución, tiempos de actividades modeladas con las horas hombres actuales, las distribuciones de probabilidad utilizadas son las que mejor se adecuan y que mejor representan al proceso, se tiene modelado al inventario como restricción, perfiles de demanda y propiedades de artículos particulares son representados en base a la información brindada para este estudio.
2. Representación del flujo de proceso. Como se mencionó anteriormente, para este caso se utilizó una herramienta de simulación de eventos discretos llamada ARENA. Cada actividad se definió como un proceso en el modelo de simulación con una distribución estadística asociada, para generar el tiempo de cada actividad. Así mismo se unen a los subprocesos mediante procesos y lógicas de decisión creando así un modelo dinámico.
3. Volúmenes de demanda. La clave fue la creación de órdenes con el mismo rango de frecuencia y variación, tal como se observó en los datos históricos de tres años, que comprendían el conjunto de productos muestra que se tomó para el estudio. Finalmente la distribución utilizada fue la Poisson que generó un patrón de órdenes que asemeja cercanamente la realidad.
4. Previsión (*forecasting*). Para determinar la cantidad de previsión por cuarto se utilizó la desviación media absoluta, la desviación media y la desviación máxima combinadas. El resultado de este enfoque es un algoritmo que genera una previsión única para cada uno de los productos, con el mismo promedio de error absoluto de previsión obtenido, de los datos históricos y que no es mayor al máximo error visto en la fuente de datos históricos.
5. Reaprovisionamiento (*Replenishment*). Después de un análisis estadístico, se reveló una alta correlación entre la modificación de la previsión y la cantidad estándar de reaprovisionamiento en el mismo periodo. Con esta información, los autores lograron definir una relación matemática, entre la cantidad de previsión de un periodo dado y la cantidad estándar de reaprovisionamiento, para el mismo periodo. También se estableció la relación para aquellos números de parte para los cuales, el gerente de producto no actualiza la cantidad de reaprovisionamiento en relación con la previsión.

6. Colecciones estadísticas. Los indicadores clave de desempeño o KPI's se colectaron utilizando las características propias de ARENA. Se hicieron separaciones por unidades operacionales, tipos de inventarios, etc.
7. Interface para fuente de datos de entrada. Se utilizaron herramientas de desarrollo de visual basic, archivos de Excel y también archivos de texto. Dividieron los archivos de entrada en cuatro clases: datos de procesos, perfil de cada producto, perfil de la demanda y distribución y transportación.
8. Pantallas animadas. Desarrollaron pantallas animadas para ayudar en la explicación a usuarios y gerencia de tal forma que se visualice la operación del modelo.

En términos generales, este caso de estudio desarrolló un modelo de simulación con herramientas comunes, siendo cuidadosamente analizado el grado de abstracción del modelo. Teniendo en cuenta el grado de detalle necesario, para cubrir los procesos involucrados y así tener la habilidad de medir los cuatro objetivos principales de la simulación. Se tomaron datos históricos de tres años y se desarrollaron los medios para la entrada de información desde archivos de texto hasta aplicaciones en visual basic. El trabajo realizado por los cinco autores de este caso es relevante ya que es similar al caso de estudio propuesto en este documento.

Caso2. El Impacto de la Falta de Precisión del Inventario en el Rendimiento de la Cadena de Suministro al por Menor: Un Estudio de Simulación.

En este caso de investigación Fleisch & Tellkamp (2005) se ocupan de contestar la pregunta: ¿cómo se ve afectado el rendimiento de la cadena de abastecimiento, cuando la imprecisión del inventario es eliminada?. Su enfoque no es cambiar el flujo físico de los productos, si no el mejorar el rendimiento de la cadena a través del uso de información más precisa.

El método utilizado para esta investigación es la simulación, dado que se consideran que no es suficiente un modelo analítico cuando la inclusión de variables estocásticas, necesita llevarse a cabo. La simulación no ayudará a optimizar la cadena de abastecimiento, si no que ayuda a determinar el desempeño de una configuración dada. El sistema de simulación desarrollado para este caso de estudio usa:

- intervalos de tiempo discretos y constantes
- Demanda, ordenes
- Variables continuas relacionadas con el flujo físico del producto

Este estudio se realizó sobre una cadena de abastecimiento de tres escalones (minorista – distribuidor – productor) con un producto del cual la demanda del cliente final es intercambiada entre los escalones (Figura 14). Se propone primero un modelo base en el cual no existe una alineación entre el inventario físico y el inventario registrado en el sistema de información.

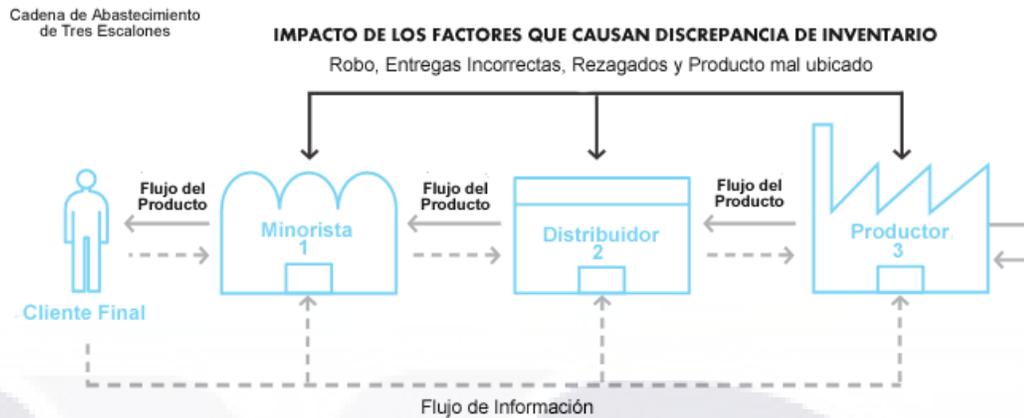


Figura 14. Configuración cadena de abastecimiento (Fleisch & Tellkamp 2005)

Modelo de Simulación. El modelo consiste de una cadena de abastecimiento de tres escalones (minorista, distribuidor y productor).

Supuestos:

- Existe un intervalo de una semana entre cada escalón. Se colocan las ordenes y cada semana se reabastecen y lo que no se pueda reabastecer, cae dentro del back log u órdenes atrasadas, ya sea del minorista hacia el cliente, o del distribuidor hacia el minorista, o del productor al distribuidor. Entonces se tiene el supuesto, de que cada semana se tiene en existencia el producto pedido.
- El segundo supuesto es, que no existen límites de capacidad para ninguno de los escalones.

Los autores buscaron establecer, estimados razonables para los parámetros y variables involucrados en el modelo, así como también establecer y definir las relaciones entre estos.

Variables:

Demanda. La demanda está supeditada a la demanda del cliente final. Esta se divide en dos tipos (1) la demanda real y (2) regresos de producto no vendido detectada por el cliente. Si no hay existencia de un producto o si el minorista tiene faltante de un producto, este llegará en la entrega de la siguiente semana.

Los factores que causan la imprecisión de los inventarios. Los factores considerados son cuatro. (1) Robo, (2) entregas incorrectas, (3) Producto perdido (o mal ubicado) y (4) Rezagados o producto no vendido. La información inicial de estos factores, fue recabada en encuestas realizadas a supermercados en los Estados Unidos. Obteniendo un 0.25% para entregas incorrectas, 1.5% para robos y 0.2% de inventario

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

para no vendidos o rezagados. Las encuestas no contienen una cifra para los productos mal ubicados. Fleisch & Tellkamp (2005) se basaron en la media de 3.4% encontrada por A. Raman, N. DeHoratius y Z. Ton en su obra "Execution: The Missing Link in Retail Operations" (Ejecución: El Eslabón Perdido en Operaciones Minoristas). En su estudio ellos encontraron que el 3.4% de las unidades almacenadas (SKU, stock keeping units) no pueden ser encontradas en piso aunque están disponibles en la tienda en algún lugar. Fleisch & Tellkamp (2005) siendo conservadores tomaron un factor de 2% solamente. Los factores se repitieron para cada uno de los escalones aunque se reconoce que existe un riesgo de subestimación del problema al hacerlo.

Finalmente agruparon los factores (2) entregas incorrectas y (3) perdida o mala ubicación de producto dentro de una categoría a la que llamaron calidad del proceso. Los autores consideran que estos dos factores provienen del mismo proceso de manejo físico de materiales (recibo, almacenamiento, recolección y embarque).

Métricas de desempeño:

De acuerdo a lo que este caso de estudio presenta, las métricas se dividen en dos tipos, las cuantitativas y las cualitativas. Recordemos que las cuantitativas son aquellas que se pueden medir en base a cuanto existe o se da en cantidad o monto por volumen, por dinero como costo, ventas, ganancia, inversión, etc. Las cualitativas tienen que ver con elementos menos tangibles, relacionado con la calidad del producto o servicio como tiempo de respuesta, tiempo de ciclo, etc.

Cuantitativas:

- Con respecto al robo la métrica es el costo excluyendo el valor del producto robado
- Con respecto a producto rezagado o no vendido incluyendo el valor del producto estancado

Se excluyeron los costos fijos y los costos de transportación. Los costos incluidos en la primera métrica con respecto al robo son: el costo de material no existente, costo de inventario, costo de inventario adicional por producto mal ubicado, costo de manejo por detección de producto mal ubicado o rezagado. Para la segunda métrica se toman en cuenta (a) el valor del producto perdido debido a robo y (b) el costo del producto que se vuelve rezagado o invendible pero para este último se toma solo la parte, que no se ha incluido ya en el valor del producto perdido debido a robo. Los autores detectaron que cuando la calidad del proceso de manejo físico de materiales mejora, entonces incrementa la detección de producto mal ubicado o rezagado lo cual afecta al costo de este factor.

Cualitativas:

- Con respecto a calidad del proceso (producto mal ubicado y entregas incorrectas) las métricas incluyen la inexactitud del inventario y eliminación de

desabastecimiento. Esta última se mide como la fracción de tiempo en que el producto está sin existencia. La primera métrica es la diferencia absoluta entre la información de inventario física contra sistema dividida entre el inventario físico promedio. Para ambas métricas el valor es calculado como el promedio entre los tres escalones y del tiempo completo de simulación.

Resultados. En el caso *base* es decir, sin la mejora en la exactitud del inventario, se estudió si realmente los factores utilizados, tienen un impacto en el desempeño de la cadena de abastecimiento manejado por los autores.

Los factores de robo y rezagados se redujeron intencionalmente de 1.5% a un rango entre 1.3% y 1.1% y se incrementó la calidad del proceso, obteniendo como resultado mejoras significativas en las métricas de costo, que considera el costo de producto robado principalmente. Esto porque los productos robados participan con un 50% en esta métrica.

También se observó que los dos factores que más influencia tienen sobre la exactitud del inventario y desabastecimiento son, robo y producto rezagado, no así la calidad del proceso. Con esto se comprobó que los factores, si tienen un impacto en el desempeño de la cadena de abastecimiento de este caso de estudio.

El siguiente paso es *comparar el modelo base con un modelo mejorado*. Para este caso se asume que la inexactitud del inventario no existe, es cero. La eliminación de la inexactitud del inventario mejora significativamente todas las métricas de desempeño. Los autores variaron cada uno de los factores, comenzando por los valores óptimos, es decir calidad del proceso perfecta, sin robos ni extravíos. Esto para darse una idea de la magnitud requerida, para cada uno de los factores que son causantes de la inexactitud del inventario, antes de que el desempeño de la cadena de abastecimiento se comience a ver afectado o comience a deteriorarse.

El factor de robo se redujo de su valor original 1.5% a 0.5% y esto mostró una mejora significativa en el desempeño de la cadena de abastecimiento, por otro lado el factor de producto rezagado aunque se incrementó del 0.2% al 0.5% no mostro una influencia significativa en el desempeño como tal. La explicación que se da es, que en el modelo la mayoría de los productos son embarcados por el productor y el distribuidor o vendidos por el minorista, en el mismo periodo de tiempo en el cual son recibidos. En contraste con el robo, la mayoría de los productos rezagados son detectados ya sea por el proveedor o el cliente, dentro del periodo de tiempo en el que se convierten en rezagados o invendibles y entonces, el sistema de información de inventario es ajustado causando un efecto mínimo.

Eliminando la variable de inexactitud de inventario, el factor de calidad del proceso tiene solo un impacto significativo en las métricas de costo, pero no en los niveles de desabastecimiento. Entonces eliminando la inexactitud de inventario aún cuando la

calidad del proceso se encuentre en 0.4% es benéfico desde una perspectiva económica, a pesar de que el nivel de desabastecimiento no cambie significativamente.



Figura 15. Eventos de conciliación de discrepancia en inventarios

Este caso considera que existen dos eventos en los que el inventario físico y el inventario en sistema están alineados. El primer evento es la realización de conteos cíclicos periódicos y el segundo es, cuando el producto no se encuentra disponible o hay inexistencia completa del mismo. En el modelo se asume que esto sucede cuando el inventario real cae por debajo de un nivel, entonces el desabastecimiento es detectado y el sistema de información de inventarios es actualizado (Figura 15).

Finalmente los autores *compararon el caso base y modelo modificado con mejora en los factores*. Para este último caso, se mejoraron los factores en un 80% tomando en cuenta no solamente que la inexactitud de inventarios es eliminada si no también se tomó en cuenta la ayuda de opciones tecnológicas para eliminar estas variaciones, mejorar la calidad de los procesos y reducir el nivel de robos e invendibles. Entonces la calidad del proceso se mejoró a 0.8%, el robo se disminuyó a 0.2% y los rezagados o producto no vendido a 0.1%. El resultado fue consistente con el obtenido en la comparación anterior.

En conclusión con este estudio utilizando la simulación fue posible ver que el costo de la cadena de abastecimiento se reduce si la inexactitud en el inventario es eliminada y a su vez reducir los niveles de desabastecimiento, aun cuando la calidad en el manejo de material, robos y producto no vendido permanece igual. También se demostró que el desempeño de la cadena de abastecimiento mejora aún más si los factores que inducen a la inexactitud de inventarios son mejorados. Los autores proponen tecnologías para ayudar a mantener los inventarios físicos y de sistema lo más exacto posibles como el uso de RFID que por ser actualmente costoso casi nadie utiliza.

Caso 3. Usando Simulación Para Analizar Cadenas de Abastecimiento

El manejo o administración de las cadenas de suministro, es uno de los procesos más complejos por el grado de incertidumbre de cada una de sus etapas. La simulación por computadora es una herramienta efectiva en el análisis de problemas logísticos de la cadena de abastecimiento, ya que puede ser aplicada a problemas operacionales que son de alto grado de dificultad, para modelar y resolver de manera analítica.

Schunk & Plott (2000) desarrollaron una herramienta de simulación enfocada a la solución de problemas de cadenas de abastecimiento llamada "Supply Solver" que en español refiere a *Solucionador de Suministro*. Esto como un esfuerzo para brindar soluciones a las problemáticas que aquejan a este proceso fundamentándose en la simulación. El objetivo de este caso es mostrar cómo es utilizada la simulación de eventos discretos para analizar el proceso de la cadena de abastecimiento.

Al igual que en el primer ejemplo mostrado, donde se presentó una herramienta creada con el lenguaje de programación visual basic, el Solucionador de Suministro se desarrolló en el mismo lenguaje en conjunto con Micro Saint con OptQuest como el motor de simulación. El Solucionador de Suministro se utilizó para simular el caso de un fabricante de vehículos blindados, quien buscaba probar un nuevo proceso de manufactura para un nuevo vehículo.

El problema era encontrar la combinación adecuada entre:

- Métodos
- Proveedores
- Ubicaciones
- Procesos

En cada una de las opciones anteriores variaba el costo de mano de obra, tiempo de ciclo, costo de adquisición del material, costo de capital, etc.

Para abordar el problema de la fabricación del casco de los vehículos blindados, los desarrolladores descompusieron el problema en seis sub procesos que se pueden ver en la figura 16. La herramienta permite al usuario ejecutar la opción seleccionada siguiendo los pasos enumerados (1) elegir una opción, (2) Editar los parámetros de la opción seleccionada, (3) Ver / Editar distancias entre los lugares de opción, (4) Editar otros parámetros del modelo como la tasa de producción, número de turnos por día, número de días laborables por semana, etc., (5) Ejecutar la simulación y (6) Ver los resultados.



Figura 16. Interface herramienta Solucionador de Suministro

Esta herramienta también cuenta con una opción de cálculo de solución óptima que ellos llaman subsistema de optimización. Este tiene la habilidad de reconocer después de varias simulaciones cuál de estas es la que brinda los mejores resultados buscando de manera eficiente por el mejor conjunto de parámetros de entrada evaluando cuidadosamente corridas de simulación seleccionadas.

Tomando en cuenta, que la cadena de abastecimiento en este caso de manufactura, está compuesta de procesos, en donde estos procesos pueden incluir: instalaciones de fabricación, almacenamiento y centros de distribución y operaciones de venta minorista y servicios, esta herramienta permite al usuario elegir hasta cinco opciones diferentes por cada proceso además de proveer análisis de riesgo (what-if en inglés). Algunos de los parámetros requeridos para inicializar el modelo son:

- Número de unidades por lote
- Número de lotes por año
- Número de turnos de ocho horas por día
- Número de días laborables por semana

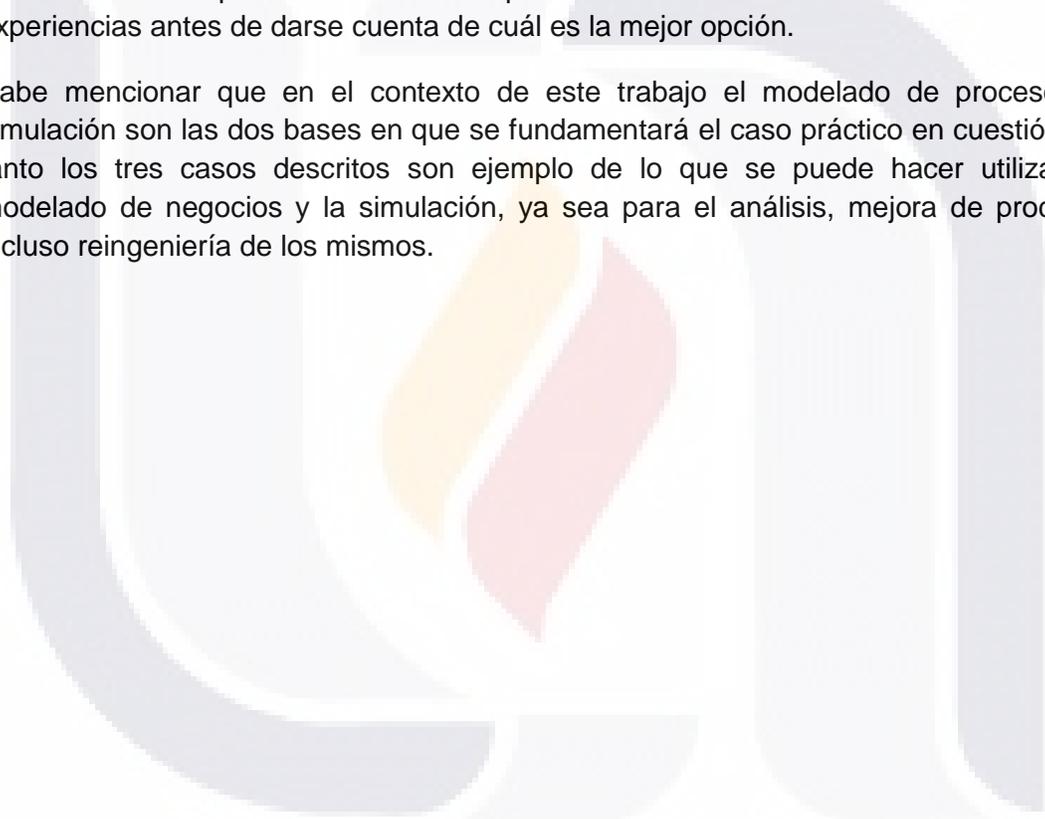
El tiempo de proceso, es adaptado dependiendo del proceso al que se hace referencia, el caso menciona por ejemplo, que en caso de tratarse del almacén, el tiempo de proceso es el que toma el hacer la entrega del lote desde el almacén al siguiente proceso, en el caso de manufactura, el tiempo de proceso es el tiempo total requerido para producir un lote y entregarlo al siguiente proceso de la cadena.

También es posible analizar el impacto, en la cadena de abastecimiento, que tiene el proveedor por medio de la asignación de un porcentaje dado representativo del riesgo de una entrega tardía, integrando este, como una penalización de tiempo contra el tiempo

total en que se lleva a cabo el proceso en cuestión. De igual modo permite analizar la opción de fabricar en planta o adquirir con un proveedor algún componente, tomando en cuenta los costos de cada una de estas dos opciones en cuanto a: el número de horas hombre necesarias para su fabricación, el costo de adquisición ya sea de adquirir el producto ya elaborado o los materiales para manufacturarlo en planta y costos adicionales como almacenamiento, inventario, etc. El flujo de la cadena de abastecimiento puede ser configurado por el usuario y además los resultados son mostrados de manera gráfica para su fácil entendimiento.

Estas dos herramientas desarrolladas y descritas los casos uno y tres, son ejemplo de lo que la simulación y el modelado llegan a influir en la toma de decisiones. Dan la oportunidad de experimentar sin tener que haber realizado cambios o sufrido dolorosas experiencias antes de darse cuenta de cuál es la mejor opción.

Cabe mencionar que en el contexto de este trabajo el modelado de procesos y la simulación son las dos bases en que se fundamentará el caso práctico en cuestión por lo tanto los tres casos descritos son ejemplo de lo que se puede hacer utilizando el modelado de negocios y la simulación, ya sea para el análisis, mejora de procesos o incluso reingeniería de los mismos.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

VII. Metodología para el desarrollo del caso

7.1 Iniciación del proyecto.

Se comienza con una junta donde se definen los métricos de desempeño, requerimientos de datos, primeras suposiciones, se establecen algunos objetivos, etc. Al finalizar esta etapa se debe contar con el plan de proyecto y un documento con los supuestos del sistema.

7.1.1 Requerimientos de datos

Órdenes de Compra. Se recolectaron los datos de dos años atrás de todas las órdenes creadas para materiales indirectos. Estos datos incluyen, fechas de creación de orden, fecha de entrega compromiso, fecha de recibo, número de parte solicitado, cantidad solicitada, proveedor contactado, precio unitario, número de autorizaciones por aprobación, número de rechazos por no autorización por orden, total por orden y línea, departamento de soporte o línea de manufactura a la que se hace el cargo (centro de costos).

En la siguiente tabla se enlistan los datos requeridos (tabla 3):

Órdenes de compra	Recibos	Demanda	Inventario
Fecha de creación de la orden	Fecha de recibo	Número de piezas construidas por mes	Descargos de material por número de parte por mes
Fecha de creación de la línea	Precio unitario de recibo		
Fecha de entrega	Cantidad total o parcial recibida		
Número de parte solicitado	Empleado que dio recibo a orden		
Cantidad solicitada	Número de recibos por empleado		
Precio unitario	Tiempo entre creación de orden y recibo		
Departamento al que se hace el cargo			
Número de ordenes por empleado			

Tabla 3. Datos requeridos para el sistema de simulación.

Recibos. Por cada recibo realizado de las órdenes de compra de material indirecto y servicios, se recolectó la información de dos años anteriores con los siguientes datos: fecha de recibo, precio unitario de recibo, cantidad recibida, empleado que realizó el recibo, orden de compra de referencia, fecha de pago a proveedor, tiempo total en que se surtió la línea de la orden entre un recibo y otro en el caso de parciales.

Demanda. La demanda de producto terminado de dos años atrás por línea y negocio proporciona la siguiente información: número de piezas construidas por línea por mes, con el fin de establecer una relación entre el consumo de material indirecto y la demanda de producto terminado por número de parte de MRO / Indirectos y línea de producción.

Inventario. Descargos de material por número de parte por mes de dos años anteriores, con cantidad y línea de producción a la que se hizo el descargo con el fin de saber el nivel de uso de cada número de parte.

7.1.2 Supuestos

- a) El tiempo de entrega de proveedores nacionales es de 2 días
- b) El tiempo de entrega de proveedores internacionales es de 11 días
- c) Una orden es elaborada y enviada autorización en el tiempo recolectado sin importar la experiencia del comprador
- d) Un incremento en la demanda tendrá un impacto directo sobre productividad, rotación de inventarios y calidad del servicio
- e) Todas las requisiciones recolectadas serán capturadas por algún comprador
- f) Cada requisición es revisada por el supervisor de compras

7.1.3 Métricos

Los cinco métricos definidos a continuación, forman parte del indicador clave de desempeño con el que se evalúa el avance del área de material indirecto. En cuanto a tiempo de almacenamiento, al reducir este costo se asegura que se tiene lo que se necesita, que se cumple con las fechas de entrega de lo que es necesario cuando es necesario, se tienen los recursos suficientes y adecuados para llevar a cabo las actividades requeridas por el proceso y por lo tanto existe una productividad y nivel de servicio favorables.

- Porcentaje de desabastecimientos menor del 1% ($\text{Número de ocurrencias} \div \text{Total de piezas recolectadas}$)
- Productividad de ordenes recolectadas diariamente ($\text{Recolección real de líneas de ordenes por empleado}$)
- Porcentaje de inventario de partes C al del 5% del total del SKU ($\text{Partes identificadas como de poca rotación} \div \text{Número total de existencias en inventario}$)
- Aumentar el nivel de servicio ($\text{Número de partes surtidas} \div \text{Número de partes ordenadas}$)
- Fecha de entrega compromiso cumplida 98% ($\text{Fecha de recibo} \div \text{Fecha de orden de compra}$)

VARIABLES INDEPENDIENTES:

- Recursos
- Conteos cíclicos y reconciliación de inventarios
- Nivel de demanda de producto final
- Cantidad de requisiciones y ordenes
- Herramientas de TI

Esto nos conduce a los siguientes cuestionamientos:

1. ¿Con mayores recursos aumentara el nivel de servicio, se cumplirán las fechas de entrega, se reducirán los desabastecimientos, incrementara la productividad y se reducirá el almacenamiento de partes de menor uso o partes C?
2. ¿Con un incremento en la frecuencia de conteos cíclicos y reconciliación de inventarios aumentara el nivel de servicio, se reducirán los desabastecimientos, incrementara la productividad y se reducirá el almacenamiento de partes de menor uso o partes C?
3. ¿La variación de la demanda de producto final influye de manera positiva o negativa en el nivel de servicio, cumplimiento de las fechas de entrega, desabastecimientos, productividad y rotación de inventarios?

Los métricos anteriores se pueden dividir de la siguiente manera (tabla 4):

KPI: Porcentaje de desabastecimientos			
Calidad de Servicio (QoS)		Métricos de desempeño del proceso (PPM's)	
Cualitativas	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de Servicio • Fecha de Entrega compromiso cumplida 	Cuantitativas	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de costo de almacenamiento • Productividad de ordenes recolectadas diariamente • Porcentaje de inventario de partes C

Tabla 4. División de métricos (cualitativos y cuantitativos).

7.1.4 Objetivos

En este caso práctico, se abordaran específicamente los relacionados con el métrico cuantitativo, *Productividad de ordenes recolectadas diariamente* y los recursos inherentes al área de compras involucrados. También se abordará de manera concreta, el métrico de reducción de *Porcentaje de inventario de partes C* de manera analítica.

7.1.5 Objetivos Específicos

- a) Modelar el proceso de negocios actual del proceso de compra de material indirecto.
- b) Identificar los principales componentes y actividades del proceso seleccionado.
- c) Recolectar datos de operación del proceso de negocio de compras.
- d) Proponer y modelar un nuevo proceso de negocio, del proceso seleccionado, orientado a mejorar su operación.
 1. Reducir el tiempo de ciclo de captura de ordenes (Productividad y Nivel de Servicio)
 2. Conocer el tiempo efectivo de utilización de cada recurso asignado a esta tarea con el fin de alocar tiempo para manejo de proyectos (Productividad y Nivel de Servicio)
 3. Comprar lo necesario de acuerdo a la demanda de producto final (Porcentaje de Inventario)

7.2 Formulación del problema y establecimiento de objetivos

Durante esta fase, el equipo de simulación debe desarrollar una lista de preguntas específicas, sobre lo que el modelo abarcará y desarrollar una lista de métricas de desempeño que serán usadas para evaluar o comparar las alternativas que se modelen.

7.2.1 Visita Inicial de Orientación

Con el fin de entender de manera general las entradas y salidas del sistema a modelar, se realizó una visita inicial de exploración al área de compras de material indirecto. Durante esta visita se pudo observar una afluencia de gente bastante considerable, con órdenes urgentes o gente preguntando el status de órdenes de compra ya aprobadas de las cuales, se espera la llegada del material indirecto o refacciones, esto es un factor que influye en la productividad del empleado que es constantemente interrumpido. No solo la productividad del empleado del área de compras es afectada, también la del ingeniero y/o personal que va hasta tres veces a preguntar por su orden, sí esta es urgente.

El área a nivel operacional está dividida en tres categorías: refacciones, consumibles y el manejo de las requisiciones, desde recogerlas del buzón, revisión de las autorizaciones, captura y verificación de precios (cotización vs. requisición), etc. Existen solo tres recursos de tiempo completo asignados a realizar las funciones necesarias y satisfacer la demanda de indirectos. Entre estas funciones se encuentra mantener y controlar los niveles de inventario y así mismo el reabastecimiento de materiales para asegurar sus existencias.

Existen dos áreas externas al área de compras que están directamente involucradas en su proceso, incluso se puede decir que son parte del departamento de manera activa.

- PEM papelería
- PEM refacciones

PEM por sus siglas en inglés traducido al español quiere decir Planta de Ingeniería y Mantenimiento (*Plant Engineering and Maintenance*)

A continuación se detallan las funciones y los recursos para cada categoría (tabla 5).

	Refacciones	Consumibles	Requisiciones
No. De Recursos	1	1.5	1.5
Funciones	Recurso 1 -Revisión de inventarios -Cotizar con proveedores -Colocar ordenes para reabastecer inventario -Dar Seguimiento a facturas	Recurso 1 -Revisión de inventarios -Cotizar con proveedores -Colocar ordenes para reabastecer inventario	Recurso 1 -Captura requisiciones de capitales nacionales y extranjeras -Cotizar con proveedores
Sistema	Maximo	Oracle	Oracle
		Recurso 2 -Revisión de inventarios -Cotizar con proveedores	-Captura de requisiciones de proveedores nacionales
Sistema		Maximo	Oracle

Tabla 5. Recursos y funciones del área de compras de material indirecto.

Se cuenta con dos sistemas para llevar a cabo recibos de material, descargas y donde por ende se verifica el nivel de inventario, uno es Oracle ERP en donde se administran los consumibles y el segundo es Maximo de IBM en donde se administran tanto consumibles como refacciones (tabla 6). En los dos se realizan operaciones comunes, sin embargo en Oracle es donde se colocan las órdenes de compra para reabastecer inventario.

No existe manera de saber al momento de capturar las requisiciones cuales son urgentes. Esto también conlleva a la afluencia de empleados preguntando por el status de su orden.

Los ingenieros con acceso a Oracle, pueden revisar el status de su orden y consultar el precio unitario capturado por compras, al igual que el total de la misma. Esto aunque pudiera reducir el número de personas que va a preguntar, también da pie a que al tener acceso a los precios hagan tratos con proveedores conocidos por ellos y los promuevan dentro de la empresa, por lo que dar acceso a todos los ingenieros a Oracle no es una opción para mitigar este problema.

Sistema/Funciones	Oracle	Maximo
Recibo Material	✓	✓ *
Descarga de Material	✓	✓
Inventario Consumibles	✓	✓
Inventario Refacciones		✓
Colocación de órdenes de compra	✓	✓ *
Sistema de inventario	Min-Max	EOQ
Catalogo de proveeduría	✓	✓ *
Tiempo de Entrega	✗	✗

Tabla 6. Funciones realizadas en los sistemas utilizados para la compra y recibo de material.

✓ * Los proveedores que están dados de alta en Maximo, son solo aquellos que surten las áreas de PEM. Para que el personal de PEM pueda recibir los consumibles y refacciones en Maximo, los compradores deben crear también una orden de compra en este sistema, haciendo referencia a la orden de compra original de Oracle. La persona que se encuentra de encargado en el área de papelería o de refacciones una vez creada la orden de compra le da recibo en Oracle y en Maximo.

Aunque ambos sistemas tanto Maximo como Oracle cuentan con un apartado para configurar el tiempo de entrega de los materiales por proveedor y número de parte, este no es usado. Los compradores solo se basan en la urgencia indicada por el solicitante y si el proveedor es nacional, estiman un día o dos para la llegada del pedido y si la compra es una importación, de una semana a dos semanas.

Por otro lado, cada mes se autoriza un presupuesto mensual para estos gastos, el cual se puede revisar diariamente en el balance scorecard del sitio. Si acercándose al final del periodo, se ven rebasados los presupuestos y ya existen requisiciones autorizadas, lo que procede, a menos que alguna orden sea de extrema urgencia, es que se actualiza la fecha de entrega de la(s) orden(es) de compra y se retrasa(n) el tiempo que sea necesario para que caiga(n) dentro del siguiente mes. Por defecto se da aviso a los proveedores afectados del retraso de los pedidos.

Otro punto que se tiene detectado, es el caso de aquellos proveedores, que aún cuando la fecha de entrega de la orden de compra esta acordada para cierto día o semana, estos envían el material con mucha anticipación esperando recibir el pago por adelantado. Esto es benéfico para ellos ya que esperan incrementar sus ventas o ver mayores ganancias dentro de su periodo de revisión. No lo es así para la organización de Sensata ya que pueden existir factores como falta de espacio para colocar el material en almacén, porque se esperaba para otra fecha, incremento en los costos de almacenaje y falta de efectivo para realizar el pago que estaba planeado hacerse en una fecha posterior.

Las entradas y salidas principales identificadas en este punto son:

Entradas:

- a) Cantidad de Requisiciones de compra
- b) Cantidad órdenes de compra nuevas
- c) Requisiciones de material en inventario por tarjetas Kanban
- d) Conteos cíclicos o ajustes de inventario
- e) Tiempo de captura por orden
- f) Cantidad de Requisiciones urgentes
- g) Descargos de material de inventario por remplazo de refacciones
- h) Demanda de producto final

Salidas:

- a) Órdenes surtidas a inventario
- b) Requerimientos de refacciones y consumibles internos surtidos
- c) Órdenes de compra colocadas

Cuando por cuestión de presupuesto, la orden de compra queda detenida con el supervisor de área, el comprador deberá ir a notificarle personalmente al supervisor o enviar un correo, indicando que esa orden en particular es urgente y el supervisor la autorizará, en caso contrario la orden quedará detenida hasta el próximo mes.

Luego de que el comprador coloca la orden de compra en Oracle, obtiene de este sistema los detalles de la orden en formato electrónico (en este caso un archivo con extensión pdf). Este documento o archivo es enviado al proveedor, para que este vaya preparando el envío. Si el comprador se da cuenta que la orden no ha sido autorizada, entonces acude a su supervisor de área para recibir la autorización o sus comentarios y el comprador confirme con el proveedor la fecha de entrega y demás datos.

Un estudiante de medio tiempo, se encarga de auxiliar al comprador de consumibles que trabaja sobre el sistema de Maximo y a la persona encargada de capturar las requisiciones. Esta estudiante, revisa diariamente un archivo de Excel, que contiene un promedio de los descargos de doce meses atrás y los descargos del último mes y los compara con lo que tiene en existencia, para luego revisar si ya existen órdenes abiertas y decidir si debe colocar una orden y ajustar su nivel de inventario. La decisión se basa en datos históricos.

Ya que los tiempos de entrega no están definidos en algún lugar para la relación proveedor – producto entonces, la persona que colocará la orden de compra revisa cuanto tardo el último pedido y en base a eso, define cuando debe colocar la orden y la fecha en que necesita estar el producto en sitio.

Siendo que el inventario está dividido en dos sistemas, las descargas de material se realizan de manera independiente (Figura 17) siendo la desconexión más grave la de refacciones y consumibles en el sistema de máximo y la colocación de órdenes de compra en Oracle, en donde los números de parte de Maximo no están dados de alta en Oracle por lo que al colocar la orden, el comprador por convención debe siempre escribir en la descripción, al inicio de ésta, el número de parte de Maximo.

En alcance

El sistema se basará únicamente en el proceso interno de la compra de material indirecto. Incluyendo las actividades siguientes.

- Revisión de inventarios
- Colocación de órdenes

También se revisaran las descargas de material para establecer la relación descarga / demanda producto terminado.

Fuera de alcance

El área de compra de material indirecto se encarga de llevar a cabo diversos proyectos, como por ejemplo: auditar materiales considerados inservibles y consensar con diferentes empresas interesadas las mejores ofertas y así obtener una ganancia de lo “perdido”, otro es lograr contratos a largo plazo con un margen de ahorro considerable dando al proveedor la ventaja de un ingreso seguro durante la duración del contrato entre otros.

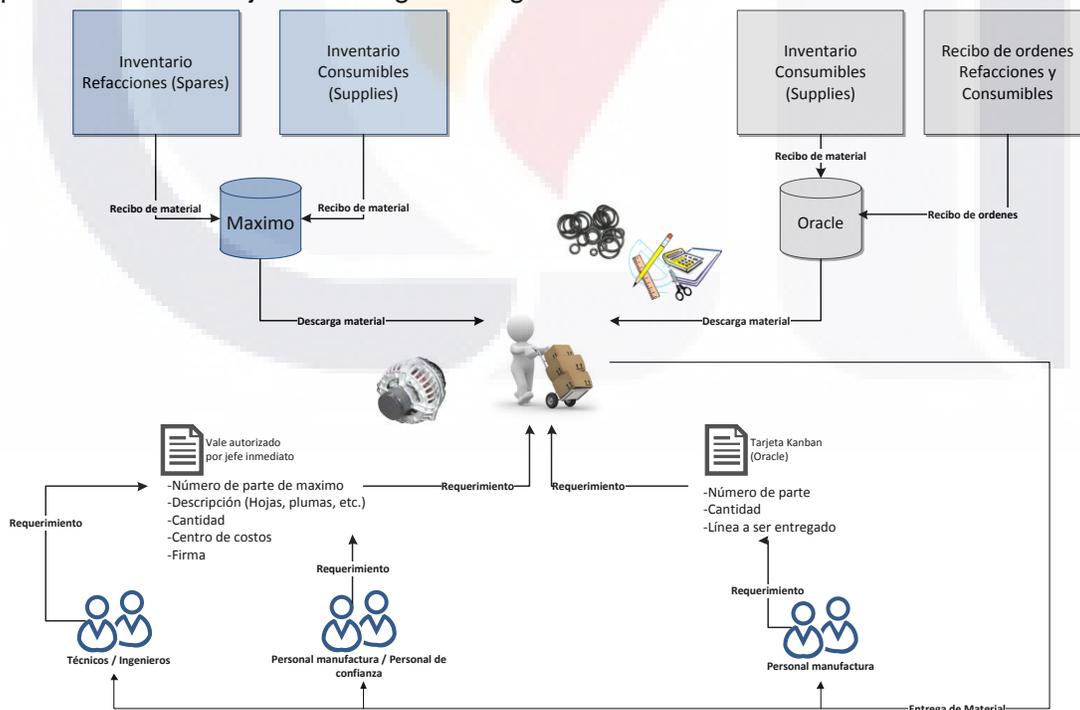


Figura 17. Flujo del requerimiento de material indirecto por área.

Recibo y otras áreas afines a compras de material indirecto, no serán analizadas ni se extraerá información referente a las mismas.

El mantenimiento a equipo de producción, la frecuencia con que se realizan dichos mantenimientos, la duración de los mismos, etc., no está contemplado dentro de los procesos a simular aunque influye, en parte, en la compra de refacciones que si se tiene previsto dentro de este caso de estudio.

7.2.2 Objetivos del Proyecto

Los objetivos de este proyecto fueron acordados con el principal interesado después de varias reuniones incluidas las primeras visitas de orientación, a continuación se describe lo que se acordó.

- a) Conocer el o los factores que afectan de manera más directa el desempeño del área de material indirecto.
 - 1) Revisión / Planeación de inventarios
 - 2) Alinear los mínimos y máximos de acuerdo a la demanda de FG (Finish goods / Producto final)
 - 3) Exceso de captura de requisiciones dentro del área
 - 4) Reducir el tiempo de ciclo de captura de ordenes
 - 5) Conocer el tiempo efectivo de utilización de cada recurso asignado a esta tarea con el fin de alocar tiempo para manejo de proyectos
- b) Obtener resultados confiables acordes a la tendencia real del desempeño actual del área de compras de material indirecto.
- c) proponer cambios o mejoras.
- d) Reportar resultados significativos y tener la habilidad de continuar monitoreando el proceso para ver reflejadas las mejoras después de su aplicación.

7.3 Definir el plan general del proyecto

El analista debe entregar un estimado de tiempo y costo de cada paso de la simulación con el fin de que gerencia decida si se procederá con la simulación, expandir o limitar el alcance del proyecto.

En este apartado no se incluirán detalles. Se da por sentado que para este caso de estudio con fines principalmente de nivel profesional y donde se busca ayudar a la organización, la cual se tomó para aplicar la simulación y modelado de procesos, un acercamiento ganar-ganar. Sin embargo, cabe mencionar que dentro de este punto generalmente se recomienda la elaboración de gráficas de Gantt, diagramas de Estructura de Descomposición del Trabajo, por sus siglas en ingles (*WBS Work Breakdown Structure*) o alguna otra herramienta, donde se puedan visualizar los tiempos, actividades, roles, costos, etc., que el proyecto necesitará para completarse.

7.4 Modelo Conceptual

Se diseña el modelo basándose en el documento de supuestos. Este documento debe ser narrativo, no debe contener diagramas o modismos. Debe reflejar el estado actual del sistema y la gente que trabaja en él.

Modelo 1. Manejo de requisiciones.

El modelo de simulación a diseñar es abierto, ya que sus entradas y salidas son parte de un modelo que al analizarse desde una perspectiva más amplia, son a su vez salidas y entradas de otros procesos. Así mismo, el modelo se conforma de estados y eventos discretos; es decir que los estados y eventos de las entidades relacionadas con el mismo, están definidos solo para particulares instantes del tiempo.

Como ya se ha mencionado, son tres compradores directamente involucrados en la colocación de órdenes de compra. El horario para cada uno de los recursos está definido de la siguiente manera (tabla 7). Cada uno de ellos trabaja un total de 9.5 hrs por día.

Recurso		Cotiza	Captura	Manejo de Inventario	Atención a solicitantes
Recurso 1 (Refacciones)	1	20%	35%	25%	20%
Recurso 2 (Consumibles)	2	15%	50%	20%	15%
Recurso 3 (Gastos)		10%	70%	0%	20%

Tabla 7. Tabla de utilización de tiempo por recurso.

Lo que se reflejará en el modelo de simulación es el tiempo de captura, es decir el tiempo total parcial que es utilizado para esta actividad.

De las actividades que realiza cada uno de los tres recursos, la que concierne a este caso de estudio es la realizada al capturar las solicitudes de compra y las actividades que esto conlleva, enumeradas en la siguiente sección.

De manera textual el modelo de simulación recreará lo siguiente:

Cada mañana son recogidas del buzón, las requisiciones previamente firmadas por los aprobadores y cotizadas por el solicitante. El comprador designado a esta actividad no es de interés para el modelo. Esta actividad de recolección de requisiciones sucede todos los días aproximadamente a las 10 a.m. Posterior a esto las requisiciones son llevadas al supervisor, quien las revisará y evaluará para luego repartirlas al comprador responsable de cada una de las partidas (refacciones, consumibles o gastos). El tiempo dedicado por parte del supervisor en esta actividad es de dos horas y media, seguidas a la entrega de las requisiciones.

El comprador revisará que las cotizaciones estén anexas, que las ordenes estén firmadas por la persona adecuada y que los precios tanto de la cotización como el declarado en el

formato de la requisición coincidan. Una vez validado lo anterior, el comprador prosigue con la captura de la orden y la manda a aprobación.

Es muy posible que lleguen órdenes urgentes. Estas no son colocadas en el buzón. El o los solicitantes las dejan ya sea con el comprador, para que el comprador las revise conjuntamente con el supervisor, o la segunda opción es que el o los solicitantes coloquen la orden o las ordenes sobre el escritorio, en la oficina del supervisor de compras, para que el supervisor posteriormente entregue la orden al comprador responsable, quien las capturará dando prioridad a estas y dejando las que tenga acumuladas, terminando con el envío a aprobación.

En la figura 18 se muestra a mayor escala el proceso de compras como modelo abierto utilizando el modelado de procesos de negocio mostrando el rol del proveedor (externo), comprador y aprobador (interno).

Modelo 2. Planeación de materiales y reabastecimiento de inventario.

Número de parte por número de parte se consulta su existencia en Maximo, es decir cuántas piezas hay en almacén. Se consulta en un reporte, un promedio de los consumos de cada número de parte de doce meses atrás. Sí la existencia en inventario es menor al consumo promedio, entonces la persona encargada de la revisión consulta si existen órdenes abiertas en Oracle que ya tengan cubierta la diferencia, de no ser así, la misma persona busca la última orden de compra en Oracle de ese número de parte, para obtener los datos del proveedor o sobre esa misma orden agregar otra línea en el detalle, para acordar el próximo embarque y así asegurar el nivel de inventario requerido para la operación.

El tiempo de ciclo de revisión de toda la lista de ítems es de una semana, que es bastante amplio, aunado a esto no existe una relación definida entre la demanda de producto final y la demanda de producto de material indirecto, tal como lo están la materia prima y los números de parte que se construyen con esta (ej. para construir cien piezas del sensor A se necesitan cien resortes, doscientos remaches., etc.). A mayor demanda mayor consumo de indirectos y viceversa. Aún cuando se tiene información de datos históricos, recordar que se utiliza la información de los doce meses anteriores para obtener un promedio de uso de cada número de parte, este promedio no refleja el estado actual del sistema. Considérese que la demanda a comparación de los doce meses anteriores ha disminuido o aumentado, esta variabilidad se ha vuelto muy frecuente con la situación económica global y tratándose de una empresa que construye dispositivos para la industria automotriz, esto se acentúa notoriamente.

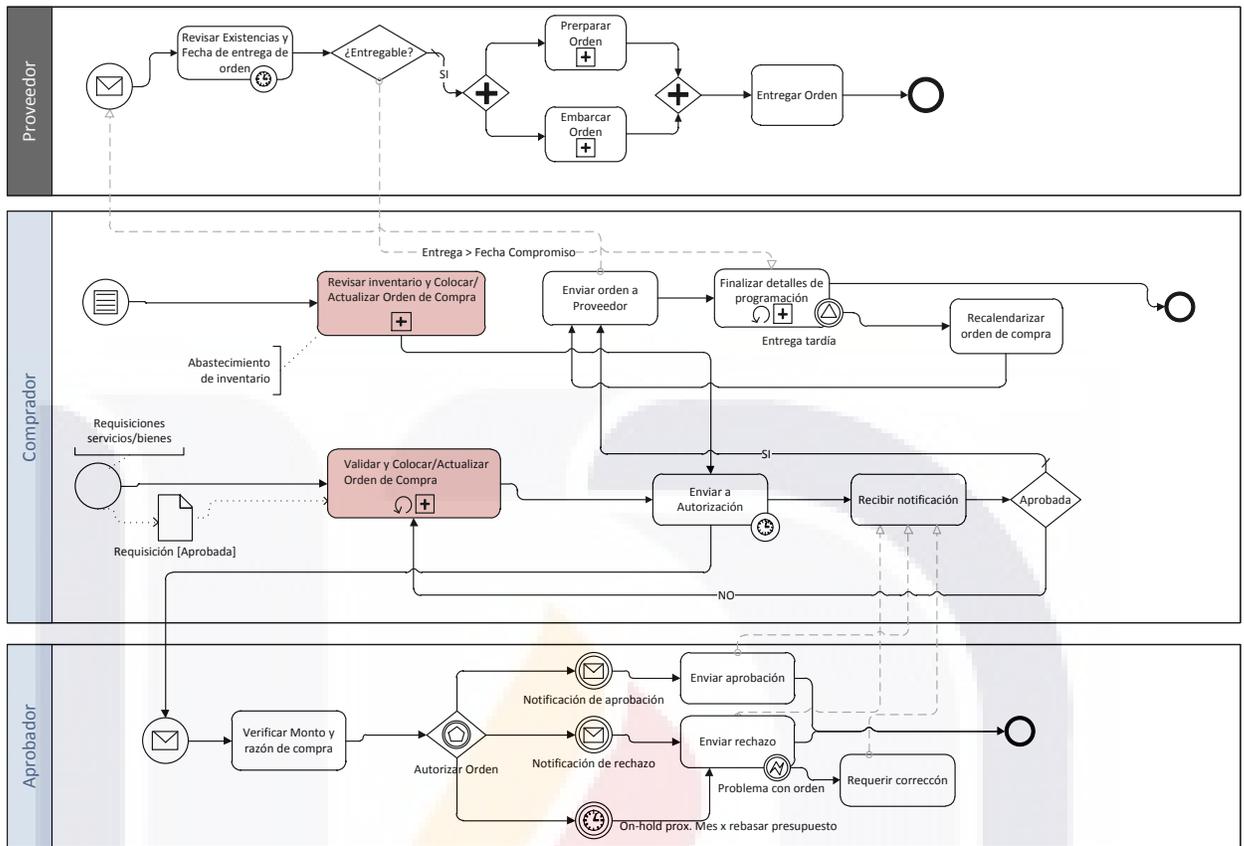


Figura 18. BPMN MRO Sensata Technologies (Problemas elegidos para el presente caso de estudio en rojo).

La solución abordada para el problema del manejo de requisiciones identificada a primera vista como un cuello de botella se cataloga como una solución numérica.

En el modelo de simulación se descarta el rol del proveedor y del aprobador. Para la construcción del sistema se toma en cuenta el rol del supervisor de compras y los compradores únicamente. Es decir el proceso interno del departamento de compras, el comprador encargado de las refacciones, el encargado de los consumibles y el que lleva el control de los gastos o expenses así como al supervisor del departamento (Figura 19). Las actividades realizadas por el solicitante se conocen, sin embargo no serán simuladas por el sistema.

El proceso actual de requisiciones es independiente al de abastecimiento de los consumibles para manufactura y áreas de soporte. Las requisiciones son cargadas a cuentas contables de capital y gastos y directamente absorbidas por el centro de costos del solicitante. Mientras tanto, el abastecimiento a los inventarios, es cargado al almacén a una cuenta especial y posteriormente, cuando alguna área de operaciones o algún departamento de soporte solicitan material, como se muestra en la figura 17, es cuando contablemente se carga al centro de costos, ya sea de la línea de producción en el caso

de manufactura o al departamento de soporte específico ya sea finanzas, recursos humanos., etc.

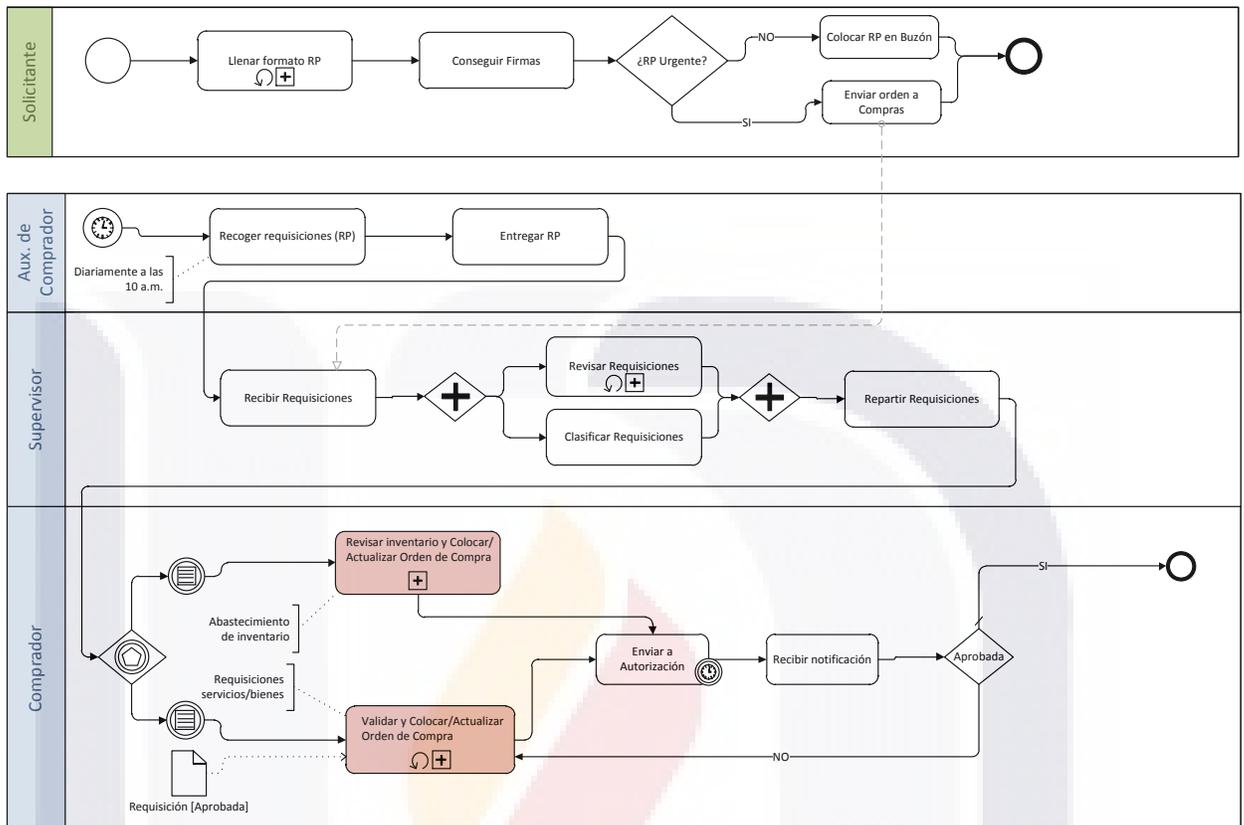


Figura 19. BPMN MRO vista interna del proceso de Sensata Technologies.

El problema de la planeación de materiales y reabastecimiento del inventario se abordará, a diferencia del problema del manejo de requisiciones de manera analítica. Recordemos que hay dos tipos de soluciones numéricas y analíticas (tabla 2, pág. 20). En este caso es evidente que no es cuestión de agregar o quitar recursos a este proceso si no analíticamente ofrecer una mejor solución para la revisión de los niveles de inventario.

7.4.1 Actividades principales y actores del subproceso de requisiciones

En el caso del problema uno, se identifican cuatro actores principales:

- a) El solicitante
- b) El supervisor del área de compras
- c) El comprador
- d) El aprobador

Las actividades principales de cada uno de los actores principales son las siguientes:

El solicitante.

- 1) Conseguir la cotización ya sea de compras o por su parte del servicio o bien a ser adquirido.
- 2) Llenar el formato de requisiciones en Excel.
- 3) Conseguir la firma del gerente de área y posteriormente del gerente de planta.
- 4) Colocar el formato con las requisiciones adjuntas en el buzón de requisiciones.
- 5) Dar seguimiento y asegurarse de que una vez fuera del buzón, compras de manera apropiada continúe con el proceso.
- 6) Recibir lo solicitado.

El supervisor

- 1) Revisar a detalle lo requerido en la orden.
- 2) Verificar que no se haya rebasado el presupuesto, sobretodo en fechas cercanas al final de mes.
- 3) Clasificarlas dependiendo del tipo de cuenta capital, gasto u otros.
- 4) Aprobar la orden/solicitud.

El comprador (figura 20).

- 1) Recolectar las requisiciones del buzón.
- 2) Revisión de la requisición.
 - 3.1) Buscar las firmas tanto del gerente de área como del gerente de planta.
 - 3.2) Revisar que el monto de la cotización del proveedor elegido concuerde con el monto del formato de Excel ya autorizado por los gerentes.
 - 3.3) Revisar que las cuentas contables estén completas.
 - 3.4) Revisar que las descripciones de la cotización y el formato coincidan.
- 3) Capturar la orden de compra en Oracle.
- 4) Enviarla a autorización.
- 5) Enviar la orden de compra al proveedor.
- 6) Dar seguimiento a la autorización.
- 7) Afinar detalles de entrega con proveedor.

El aprobador.

- 1) Revisar monto y razón de compra.
- 2) Autorizar por medio de firma la requisición o rechazarla.

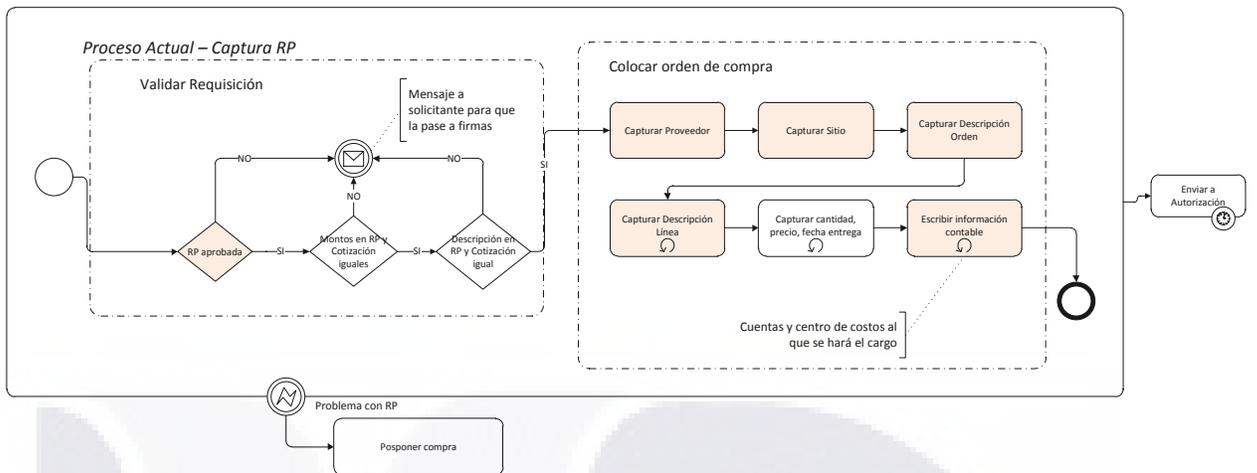


Figura 20. Actividades del subproceso de requisiciones validación y colocación de órdenes (problema 1).

7.4.2 Actividades principales y actores del subproceso de planeación de materiales y reabastecimiento de inventarios.

En términos del problema detectado sobre la planeación de órdenes para reabastecer y tener las existencias necesarias en los inventarios existe un único actor involucrado (figura 21).

- a) El comprador.

Las actividades involucradas en la planificación de la compra de consumibles y refacciones para el reabastecimiento de materiales son las siguientes:

- 1) Revisar nivel de existencia en inventario.
- 2) Verificar el nivel promedio utilizado en los doce meses anteriores.
- 3) Si el nivel en inventario es menor verificar si existen órdenes ya abiertas cubriendo la diferencia.
- 4) Requerir material si es necesario.
 - 4.1) Buscar orden de compra en vigencia.
 - 4.2) Validar proveedor y tiempo de entrega.
 - 4.3) Agregar línea a orden de compra actual o crear una nueva con la cantidad necesaria.
 - 4.4) Confirmar fecha de entrega.
- 5) Enviar el requerimiento a aprobación.
- 6) Enviar orden de compra a proveedor.

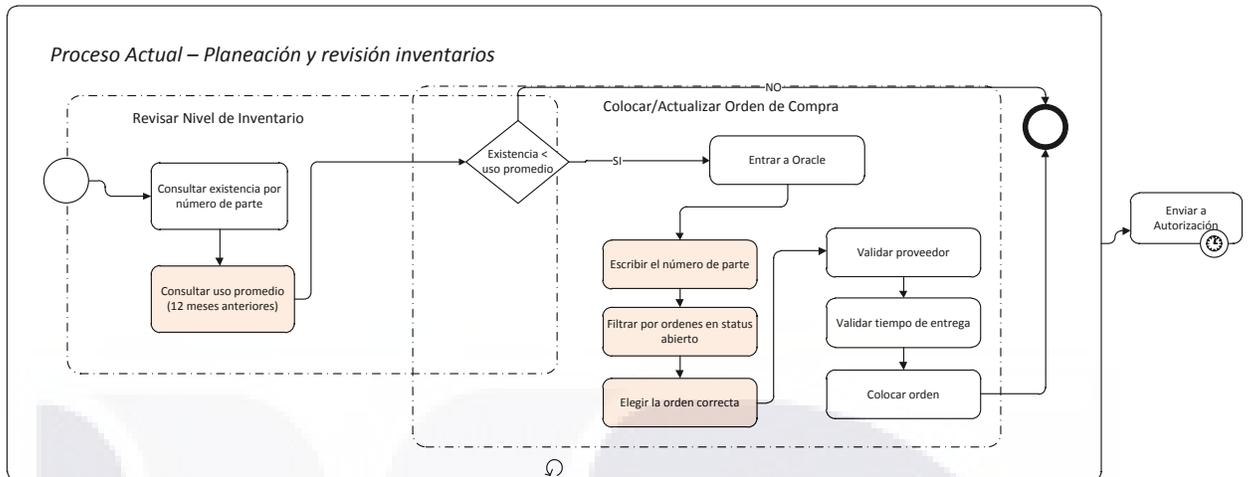


Figura 21. Actividades del subproceso de reabastecimiento (problema 2).

7.5 Recolección de Datos

Estos pueden provenir de distintas fuentes como base de datos, registros manuales, estudios de tiempo, estudios de muestras etc., se debe realizar una validación y limpia de los mismos.

7.5.1 Origen de datos.

Para ambos casos la fuente principal de información son los datos extraídos de la base de datos del sistema ERP Oracle; de Oracle se extraen datos históricos que contienen el detalle de órdenes de compra, provenientes de requisiciones de bienes y servicios y por otro lado, las órdenes de consumibles. Todo lo anterior concerniente al problema 1 Manejo de Requisiciones, por otro lado referente al problema 2 Planeación de MRO y reabastecimiento de inventario, se obtuvo la demanda de producto terminado mediante la extracción de órdenes de trabajo del mismo sistema ERP. Recordemos que en este último, se tomara la información extraída para proyectar la demanda de materiales indirectos y tener un estimado, mediante la simulación y análisis estadístico de lo que se debe adquirir.

La recolección de datos para abordar el problema 1 demarca las siguientes condiciones:

Las condiciones tomadas para la recolección de los datos fueron:

Tiempo de captura de órdenes de compra.

1. Datos tomados del sistema de Oracle ERP.
2. Todos están delimitados por el rango de fechas entre el año 2010, 2011 y 2012.
3. Se tomaron en cuenta las dos unidades operativas que existen dentro del ERP (MEX y MXA).
4. Sabiendo que la orden consta de dos partes (el encabezado y el detalle), solo se tomaron en cuenta las órdenes en las que tanto el detalle como el encabezado fueron capturadas el mismo día.

5. Las ordenes que solo tienen encabezado capturado no fueron tomadas en cuenta para este estudio.
6. El resultado se encuentra en fracción de horas es decir que para obtener la cantidad en minutos solo debe multiplicarse por 60 (ej. $0.2 \cdot 60 = 12$ min.).

El objetivo es obtener el tiempo promedio de captura de requisiciones, para convertirlas en órdenes de compra y de este modo definir, la distribución de probabilidad que se ajusta a estos tiempos obtenidos para su uso dentro del estudio de simulación (Anexo 1). Los tiempos obtenidos, están basados únicamente en los tres recursos del área de compras de material indirecto que se dedican a esta actividad, principalmente utilizando el sistema de Oracle (ver Tabla 5).

Para el caso del número de órdenes en el buzón, se utilizaron datos recolectados con el personal de compras dada su implicación, conocimiento y experiencia relacionada con esta actividad.

Los datos extraídos del sistema Oracle, referente al tiempo de captura, fueron validados con los compradores durante varios días, con el fin de tener la certeza de que los tiempos obtenidos de los registros históricos y los observados en los compradores coincidieran.

7.6 Creación de la Simulación, Verificación y Validación

7.6.1 Creación del sistema de simulación

En la etapa de verificación se realizan pruebas de estrés, se verifican las salidas del modelo, no solo los indicadores primarios, también las salidas intermedias. Se recomienda trabajar en base a la hipótesis de que el modelo es correcto y tratar de demostrar que la hipótesis es falsa. La validación corre por cuenta del cliente realizando las mismas pruebas.

El sistema de simulación fue creado utilizando el software Arena de RockWell Automation. Con la ayuda de esta herramienta, se tradujo el modelo de negocio mostrado en la figura 19 utilizando la notación BPMN a los módulos, o instrucciones que Arena reconoce para realizar la simulación. También se utilizó la herramienta que el mismo Arena provee, para realizar el análisis de los datos de entrada y ajustar los mismos a la distribución de probabilidad más adecuada, ya fuera la normal, poisson, lognormal, beta, exponencial, uniforme, etc., realizando las pruebas de bondad necesarias como la Ji cuadrada, Kolmogorov-Smirnov y errores cuadrados. Existen otras herramientas fuera de Arena que realizan esta misma función como R, Expert Fit entre otras. Se decidió utilizar el Input Analyzer de Arena ya que da la expresión estadística, que posteriormente, es utilizada en el simulador para generar las entidades (en este caso serían las RP) de forma aleatoria de acuerdo a la distribución de probabilidad elegida.

Recordemos que esto es necesario ya que el simulador estará generando estas entidades (RP) de forma aleatoria, dentro del rango de la distribución de probabilidad seleccionada, en base a los datos previamente recolectados del sistema real. Esto evita

que el sistema genere valores aleatorios irreales o fuera de especificación, difiriendo con las observaciones realizadas, causando resultados exagerados fuera del rango esperado.

Se creó el sistema siguiendo lo que se muestra en el modelo de la figura 19, con las principales actividades identificadas. Los tres recursos y el supervisor, la recolección de las requisiciones alrededor de las diez de la mañana y la entrada de órdenes urgentes. Se tomó en cuenta también el horario de cada uno de los recursos. Así mismos se crearon las variables y controles necesarios para que el modelo se comportara según lo observado y reflejara a primera vista lo que en realidad sucede en el área de compras en el contexto seleccionado.

7.6.2 Verificación

La verificación del modelo se fue realizando por partes, es decir conforme se adicionaban los módulos y componentes necesarios al sistema. La verificación como menciona Chung (2004) es asegurar que el modelo se construye correctamente y que por lo tanto, opera como se espera. Wainer (2009) sugiere que es en la fase de verificación, donde se asegura que el modelo cumpla y satisfaga las especificaciones y además, es el proceso de comprobación de que un simulador de un modelo, genere correctamente su comportamiento de acuerdo con las especificaciones.



Figura 22.Verificación del modelo (solo diseño) con Arena.

Al finalizar alguna adición o cambio a la última versión del modelo, se revisaba de forma general el diseño del mismo presionando F4. Esto para asegurar que no hubiera algún modulo desconectado o condición que hiciera que las entidades no siguieran su flujo normal (Figura 22) y también tener la certeza, de que pudiera ser ejecutado sin errores o alertas.

Para incluir todos los componentes especificados bajo la fase de definición, se utilizó un enfoque "incremental". La primera versión solo tenía a grosso modo, es decir sin detalles, lo que representaría el modelo final (Figura 23). En la segunda versión más a detalle, se agregaron a los tres compradores, el supervisor de compras y se distinguió entre el tipo de requisiciones que arriban al buzón (Figura 24). En una tercera, cuarta y quinta versión se realizaron las adiciones de las variables, para controlar condiciones como, el

recolectar las requisiciones o solicitudes cada día a cierta hora y la entrada de órdenes urgentes hasta llegar al modelo final (Figura 25). Como ya se menciona conforme se modificaba el modelo se verificaba que este estuviera libre de errores y alertas.

Se recomienda hacer una lista de chequeo si el modelo es amplio para tener un mejor control sobre los requerimientos, anotando los módulos y controles que se necesiten para cubrir cada uno ellos.

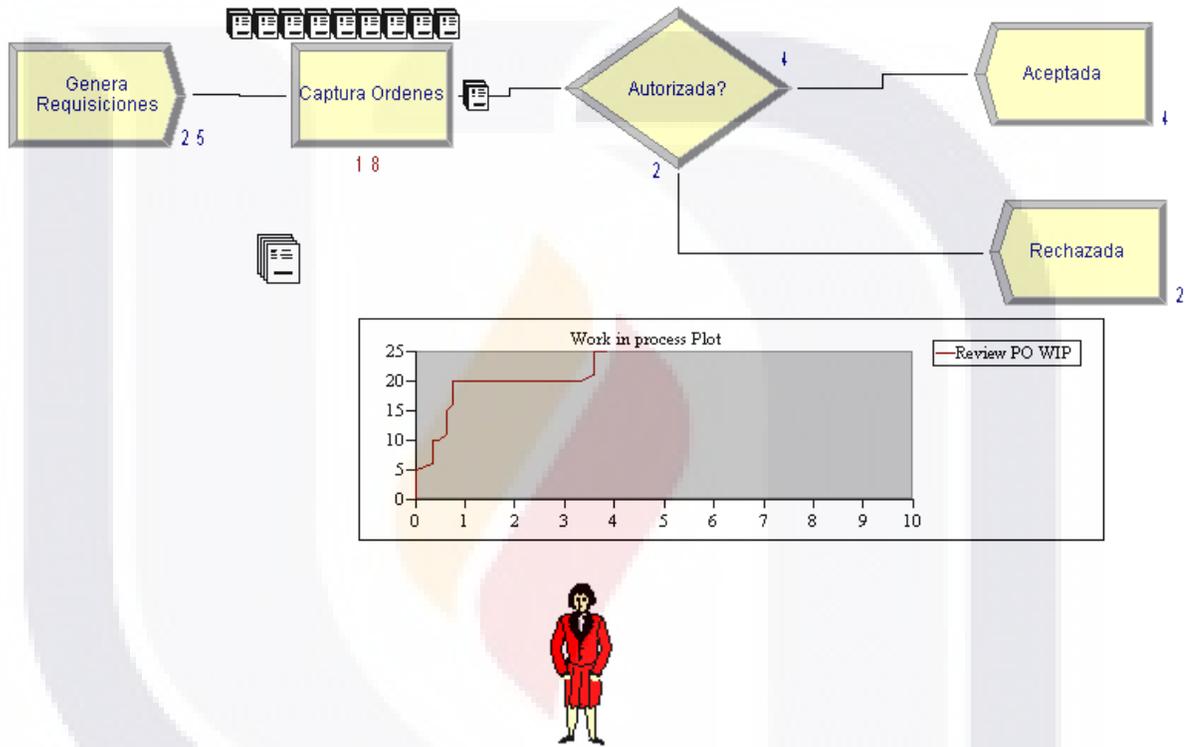


Figura 23. Modelo de simulación inicial.

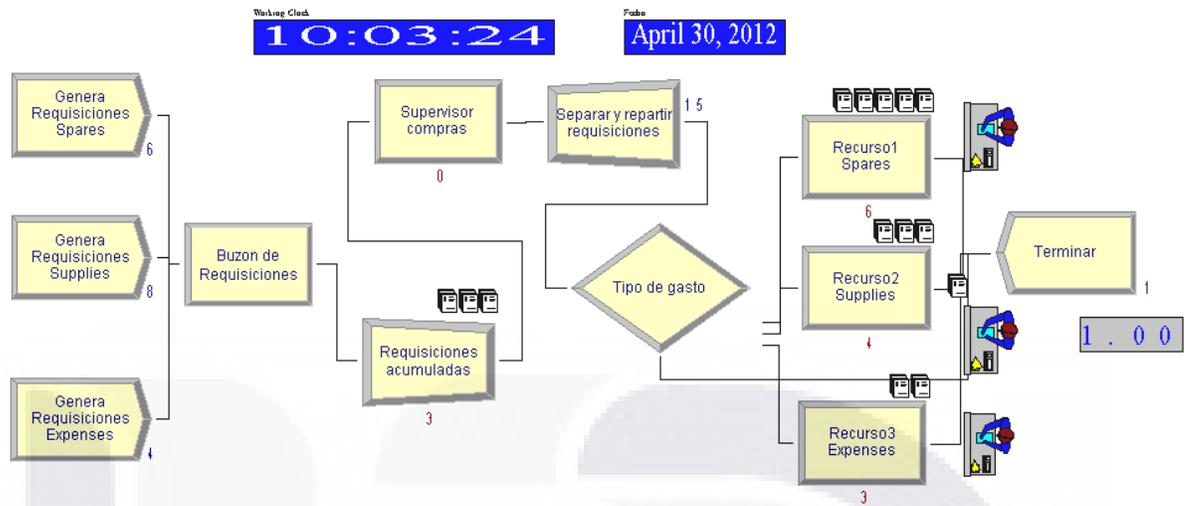


Figura 24. Modelo de simulación con condiciones iniciales.

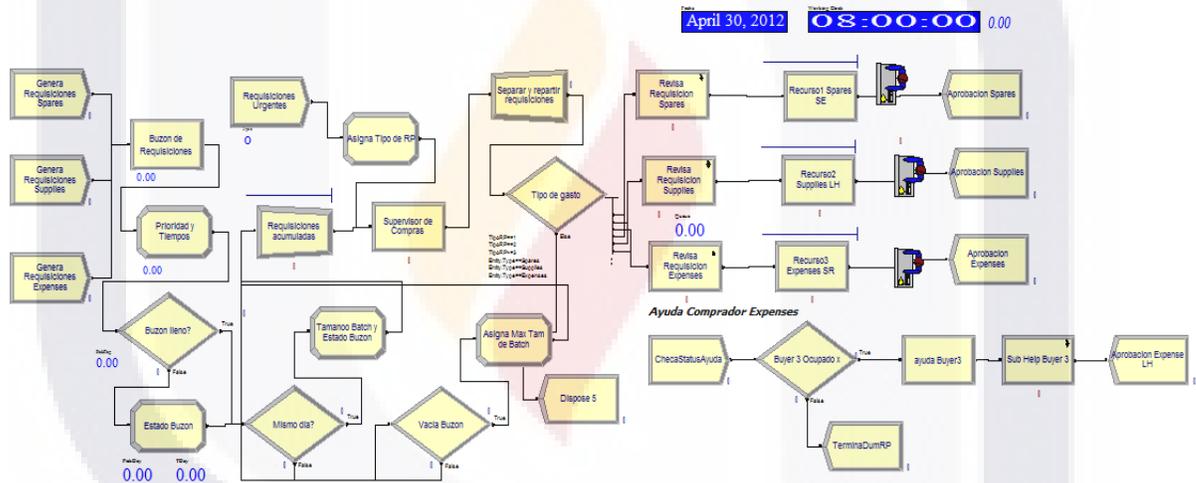


Figura 25. Modelo de simulación final con todos los módulos y controles requeridos.

En cuanto a verificación ya no de diseño, si no de tiempo de ejecución, es decir en la ejecución en sí de la simulación para asegurar que no existiera algún tipo de error se realizó lo siguiente:

- 1- Se utilizó la animación que el mismo Arena provee para verificar que las entidades avanzaran como se esperaba y que salieran del sistema. Los compradores también fueron animados representando su estado ausente, de inactividad y actividad.
- 2- Se utilizaron variables que se pueden desplegar cuando la simulación esta ejecutándose y van actualizándose, para comprobar condiciones como día, hora, número de entidades en espera., etc.

- 3- Revisar los resultados arrojados de manera informal, solo para asegurar que coincidan con lo que de manera visual se está observando y asegurar la consistencia del modelo.

Ya que esta fase constantemente se repitió una y otra vez cada que el modelo era modificado, se puede deducir que la verificación no es realizada en solo una ocasión durante el desarrollo del modelado y simulación, sino que es una actividad continua que debe contemplarse aún cuando ya se haya llevado a cabo una verificación previa. Esta fase pues debe repetirse conforme se desarrolle el modelo.

7.6.3 Validación

Validación se define como el proceso de asegurar que el modelo representa la realidad con un cierto grado de confianza (Chung 2004). Más allá de que la simulación se ejecute sin errores ni problemas, la validación es la verificación de que el modelo es representado con un grado suficiente de exactitud (Wainer 2009).

La validación fue realizada por el personal del área de compras. Les fueron mostrados los resultados arrojados simulando diez días con un total de seis replicas. Se les proporcionaron entre otros datos, el número de ordenes atendidas en promedio por día, el tiempo utilizado para atenderlas, el número de ordenes urgentes de llegada, el número de órdenes que quedaban en espera en caso de ser así, etc. Los mismos resultados fueron mostrados al supervisor del departamento. Todos coincidieron en que estos son similares a lo que ellos observan día tras día en su operación.

Cabe mencionar que la colección de datos mostrados para la validación se conformó de los recolectados de entidades individuales, es decir número de órdenes atendidas por el comprador 1, comprador 2, etc., número de ordenes no atendidas por el comprador 1, comprador 2, etc., y así cada individuo fue capaz de validar sus propios datos. Una vez que se hubo dado el visto bueno por cada uno de los compradores, se entiende que el modelo es válido. No se realizaron comparaciones estadísticas en este punto dado que se contaba de primera mano con la experiencia del personal involucrado.

Posteriormente para completar la fase de validación, se condujo una prueba estadística conocida como método de intervalo de confianza, para la cual es necesario obtener la media y la desviación estándar del resultado a evaluar de las replicas. El intervalo de confianza se obtiene mediante las siguientes formulas que dan como resultado el límite inferior (LI) y el límite superior (LS):

$$LI = \bar{x} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{n-1, \alpha/2} \quad LS = \bar{x} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{n-1, \alpha/2}$$

En donde: S es la desviación estándar, \bar{x} es la media, n es el número de muestras y t es obtenida de las tablas estadísticas de la distribución de probabilidad t student con $n-1$ grados de libertad y $\alpha/2$ grados de confianza. El nivel de confianza elegido para este caso

fue del 95% entonces $t_{0.025}$ y dividido entre 2 da como resultado 0.025. El número de replicas obtenidas para efectuar la prueba fueron 6 entonces el valor de $t=2.5706$.

La desviación estándar se obtiene de:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \bar{\bar{x}})^2}{n-1}}$$

En donde: \bar{x}_i es la media por replica, $\bar{\bar{x}}$ es la media de las medias y n es el número de muestras.

En la tabla 8 se pueden observar los datos de seis réplicas así como la media de las medias y la desviación estándar. Los datos fueron obtenidos del archivo de resultados que la herramienta de simulación Arena provee (Anexo 3). Dado que el LI = 5.311877 y el LS = 10.58696 y los resultados observados del tiempo de espera caen dentro de este intervalo se concluye que el sistema es válido y estable.

Replica	Tiempo de espera Comprador Gastos	Desviación Estándar
1	10.386	2.936938
2	6.3314	2.617977
3	11.502	12.620848
4	5.902	4.191915
5	5.4618	6.188236
6	8.1133	0.026857
	7.949416	
S	2.513275	

Tabla 8. Resultados tiempo de espera comprador gastos.

Nótese que la columna que muestra la desviación estándar es la diferencia al cuadrado de la media y la media de medias. En el último renglón, donde se muestra el total, se da el resultado de sumar las seis diferencias divididas entre el número de muestras menos uno y finalmente aplicando la raíz cuadrada.

7.7 Experimentación, Análisis y Reporte

Antes de comenzar con la experimentación, se deben definir los rangos de los parámetros a hacer simulados así como las combinaciones válidas, periodo de tiempo a simular, número de réplicas estadísticas. El análisis se base en las métricas acordadas y el reporte deberá contener los resultados clave y las recomendaciones del estudio.

7.7.1 Experimentación

En esta fase se comenzó a experimentar con el modelo a nivel de recursos. Se detectó inmediatamente que el comprador 3, quien maneja las requisiciones de gastos esta de sobremanera saturado, con hasta un nivel de utilización del 90% (Anexo 3) aún cuando actualmente el comprador 2, quien se encarga del manejo de los consumibles lo auxilia. La ayuda no es notoria, debido a la carga de trabajo y la capacidad que este comprador

tiene. Por lo tanto se agrego un becario, un recurso que ayudará al comprador 3 en la revisión y captura de requisiciones. Este becario cumple con un horario de medio tiempo incluido su tiempo de comedor. Los experimentos realizados tanto a nivel de recursos como a nivel política operacional se enumeran a continuación en las tablas 9 y 10 respectivamente.

Nivel de Recursos

Factor	Alternativas
Número de personal en rubro de gastos	Un recurso Dos recursos

Tabla 9. Alternativas por nivel de recursos.

Política Operacional

Factor	Alternativas
Número de veces que se recolectan las requisiciones del buzón.	Una vez Dos veces
Disminución de tiempo de revisión inicial del supervisor	2.5 Horas 1.5 Horas 1 hora Hasta antes de la aprobación electrónica

Tabla 10. Alternativas a nivel política operacional.

Al incluir el recurso adicional, fue evidente que el porcentaje de utilización del comprador de gastos bajo de un 90% a un 62%, se incremento el número de órdenes atendidas de un promedio de 250 a 279 en total en el sistema y además las urgencias bajaron de 19 a 17 en los diez días simulados. El tiempo de espera promedio de las ordenes bajo drásticamente, de 9.4 horas a 2.25 horas para las ordenes en la fila de espera del comprador 3, más 3.8 horas del nuevo recurso, dando un total de 6 horas con una reducción de 3.5 horas.

Incrementando las veces que se recolectan las órdenes del buzón de una a dos veces, una a las diez de la mañana y otra a las 2 de la tarde, el número de ordenes atendidas promedio aumento no muy significativamente, pero incremento de 279 a 283 en los diez días tomados para simulación. El efecto mayor se vio en el grado de ocupación del comprador 2 de consumibles, que aumento de 77% a 82% lo que es proporcional al incremento de órdenes capturadas. Así mismo el tiempo de espera en órdenes, presento una pequeña mejora de 0.76 en fracción de hora igual a 45 minutos en total, para cada entidad atendida.

Al incrementar y disminuir las horas de revisión por parte del supervisor de compras previo a la repartición de los ordenes al comprador correspondiente se notó que al disminuir el tiempo de revisión de 2.5 horas a 1.5 el número de ordenes procesadas disminuyó en 2 unidades sorpresivamente, sin embargo al reducir aún más el tiempo de revisión de 2.5 horas a 1 hora sí hubo un incremento considerable en el número de órdenes. Se atendieron 20 órdenes más aproximadamente.

Es claro que el sistema de simulación del presente caso de estudio es *no terminante* ya que los compradores se marchan sin importar que hayan quedado ordenes pendientes; estas serán atendidas al comenzar el día siguiente. Recordemos que existen dos tipos de sistemas de simulación: los terminantes, en los cuales no quedan entidades en este caso personas o clientes al cerrar cada periodo de tiempo, como los bancos o las tiendas o los parques, que cierran sus puertas hasta que la última persona haya sido atendida y por otro lado los no terminantes, como una mesa de servicio, donde la persona que atiende los requerimientos de los usuarios, se va al terminar su turno, sin importar que queden requerimientos pendientes en el sistema y al día siguiente continúan atendiéndolos.

7.7.2 Análisis y Reporte

Identificado a mayor escala y mapeado el proceso de compras utilizando el modelado de procesos de negocio (figura 17), se detectó que existen dos actividades que merman el desempeño del área significativamente y que además, ponen en riesgo el correcto abastecimiento del inventario y la calidad del servicio.

1. Uno es el **manejo de las requisiciones** ya que cada una se debe capturar en forma manual por el comprador.
2. La **verificación del inventario**. El comprador revisa cada número de parte de forma manual, tardando hasta una semana para dar la vuelta completa a sus números de parte y dado que, los tiempos de entrega no están definidos, cuando termine y se dé cuenta de un faltante puede ser demasiado tarde.

Problema 1. Manejo de requisiciones.

El punto número uno refiriéndose al manejo de las requisiciones es un proceso tedioso, de poco valor agregado y que es el causante de la afluencia de personas, que pueden llegar a ir varias veces al día a preguntar por el avance en su solicitud. Este proceso es en ocasiones largo debido a:

- La entrada que es el buzón es una cola de espera desorganizada y es el primer cuello de botella.
- La revisión y separación realizada por el supervisor es el segundo cuello de botella, aún cuando las requisiciones son recogidas del buzón dos veces al día, de acuerdo a los experimentos realizados, esta actividad sigue siendo un cuello de botella notorio.
- Datos erróneos en las requisiciones que precisan al comprador a otra segunda revisión.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- No coinciden los precios de las cotizaciones con la requisición realizada por el solicitante y ya autorizada por los gerentes.
 - Falta de cuentas y/o centros de costos a los que se harán los cargos, etc.
 - Los compradores son utilizados más como capturistas que como lo que realmente son. Otro factor es la velocidad de captura, no todos capturan con la misma rapidez. Se encontró que el comprador tres, quien maneja las requisiciones de gastos es más lento que los otros dos recursos y es quien más órdenes de compra maneja.

La búsqueda del solicitante para obtener la información correcta y así poder procesar su requerimiento, es también clave en el tiempo de ciclo del procesamiento de las solicitudes de compra. Esto ocasiona que algunas órdenes terminen en urgencias por la acumulación de las mismas y los cuellos de botella ya mencionados.

Solución 1.

Después de analizar el problema número uno abordado en este caso de estudio con la modelación, simulación y experimentación, se encontró que aún cambiando al comprador más lento o recogiendo las órdenes del buzón varias veces al día, o adicionar otro recurso de medio tiempo para auxiliar al comprador tres, la opción más viable, es la reactivación del módulo de requisiciones en Oracle. Este módulo fue deshabilitado con el fin de cumplir por auditoría con la anexión de tres cotizaciones adjuntas por requisición, lo que anteriormente no se estaba cumpliendo. En ese entonces se optó por remover los accesos a los usuarios y ya no permitirles capturar sus requisiciones directamente sobre el sistema. Fue entonces cuando se comenzó a utilizar el formato de Excel y el buzón donde se colocan actualmente, previamente firmadas por su gerente de área y el director general correspondiente. Esto constituye el procedimiento actual como ya hemos visto. La requisición ya capturada y firmada, con las tres cotizaciones es recogida, por el personal de compras para proceder a su captura en Oracle.

En este punto es obvio que, para liberar a los compradores que se encargan de hacer las capturas y evitar la vuelta de gente preguntado por sus solicitudes, la reactivación del módulo de requisiciones en Oracle beneficiaría tanto a los interesados, como al personal del departamento a cubrir de manera más eficiente sus actividades en los siguientes sentidos:

- El solicitante, en lugar de capturar los datos de la requisición en una hoja de Excel, como las características del material, bienes o servicios a adquirir, la cantidad, el precio, etc., lo hará en el sistema de Oracle. Se evitará la doble captura, ya que solo capturará la información el solicitante original y no el comprador.
- Una vez capturado en Oracle se imprimirá la requisición o RP por sus siglas en inglés *Requisition Purchase* y se adjuntarán las tres cotizaciones.
- Se colocará en el buzón la RP.

- El comprador recolectará igual que en procedimiento actual los documentos y convertirá automáticamente la RP en orden de compra.

Beneficios:

- Las firmas tanto del supervisor inmediato como del director general correspondiente se harán de manera electrónica. Ellos ya no tendrán que firmar físicamente las requisiciones.
- Los solicitantes interesados podrán consultar en Oracle el status de su RP y aún más una vez aprobada ésta, podrán ver el status de la RP convertida en orden de compra.
- Los compradores ya no capturarán la RP lo que en realidad era una actividad duplicada en el proceso anterior (solicitante y comprador capturan la misma información el primero en Excel y el segundo en Oracle).
- El ahorro en tiempo es considerable para el interesado en tanto que ya no tendrá que ir a solicitar firmas, ni acudir a compras para solicitar información del status de su requerimiento.
- Se ahorra un posible recurso (auxiliar del comprador más lento) o su posible reemplazo.

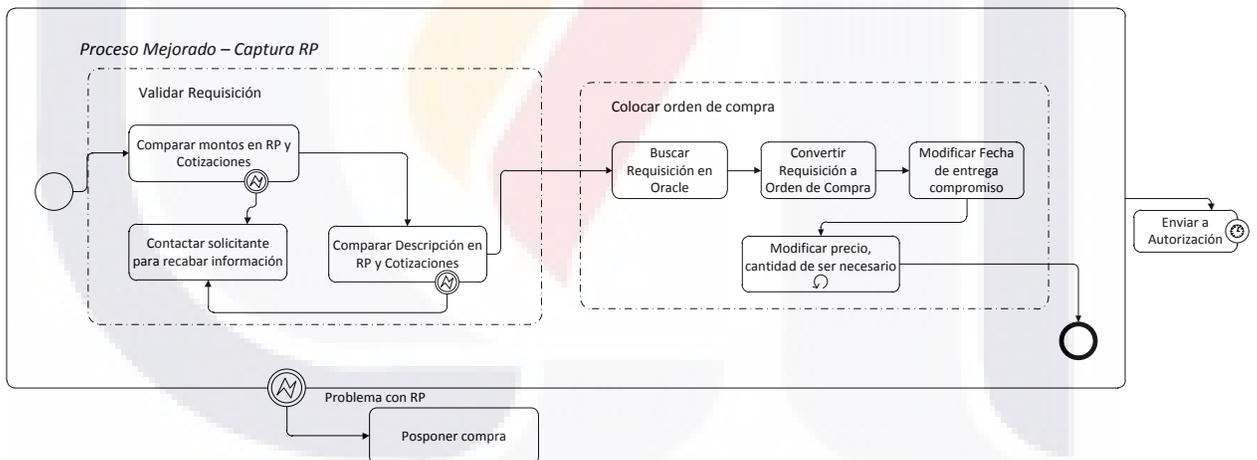


Figura 26. Proceso de captura de requisiciones mejorado.

Comparando la figura 26 con la figura 20, se observa que el número de actividades se redujo de diez a siete, eliminando algunas como capturar proveedor, capturar sitio o revisión de firmas.

Problema 2. Planeación de materiales y reabastecimiento de inventario.

En este subproceso se encontró que la revisión del nivel de inventario para los consumibles que se encuentran en Maximo, toma por lo menos una semana. La revisión de cada número de parte se realiza de manera secuencial como se muestra en la figura 21.

Solución 2.

El reporte, actualmente utilizado por la persona que se encarga de la revisión de los inventarios, fue desarrollado por el área de IT de la organización, sin embargo este reporte cuenta con áreas de oportunidad que serán cubiertas para agilizar y hacer más eficiente la planeación de los materiales.

Se pretende que la planeación y la detección de faltantes sean detectadas de manera ágil y eficaz y sobre todo, tener un pronóstico de que es lo que faltará por cada número de parte de acuerdo a lo proyectado en la demanda de cliente, es decir a lo proyectado a nivel producto terminado.

El cambio al proceso actual será:

- El comprador consultará el reporte de manera habitual.
- Se revisarán los niveles de los números de parte señalados como de atención inmediata por el reporte, mostrando su punto de re orden.
- El sistema sugerirá el proveedor a elegir o el número de la orden abierta, para el número de parte en cuestión.
- Se colocarán las órdenes para cubrir estos como se realiza habitualmente.
- Se enviará al proveedor sugerido la orden de compra.

Beneficios:

- No se recorrerá la lista completa de ítems.
- Ahorro del tiempo de búsqueda de proveedor ya que, el sistema sugerirá el último proveedor elegido y el número de la orden de compra vigente.
- Tener una relación establecida entre la demanda de producto final y la de inventario de indirectos de una manera más robusta, utilizando proyecciones.
- Disminución del tiempo de ciclo de mantenimiento de inventarios.
- Comprar lo que se necesita cuando se necesita.

La solución para este problema número dos se cataloga como analítica como se mencionó anteriormente.

Debe recordarse que el mantenimiento de inventarios se hace tanto para Oracle como para Maximo. En Oracle y Maximo para los consumibles y en Maximo solo para las refacciones de los equipos de manufactura.

También debe mantenerse en mente que las refacciones y los consumibles que están en Maximo no están dados de alta en Oracle y la única forma de detectar si existe una orden de compra abierta es por medio de la descripción de la misma, no así a nivel detalle.

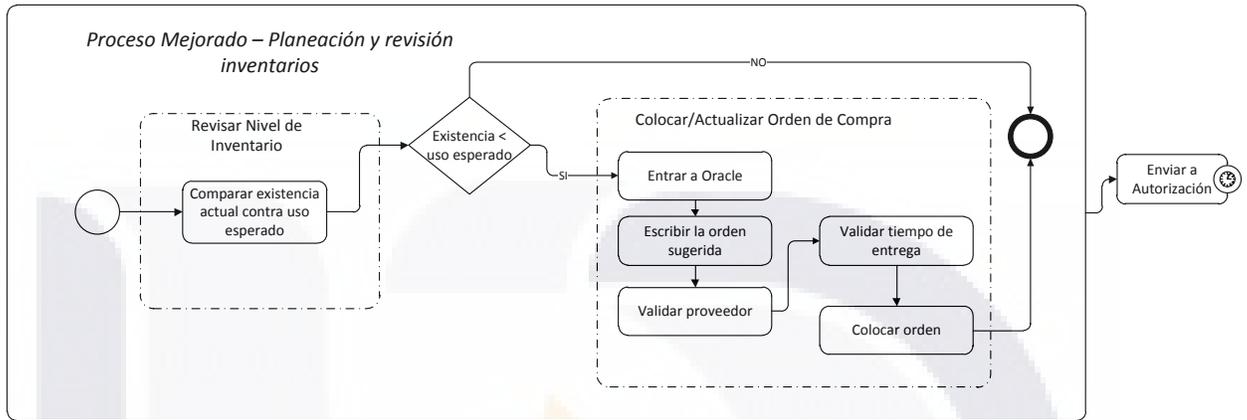


Figura 27. Proceso de planeación y revisión de inventarios mejorado.

Finalmente comparando la figura 27 con la figura 21 del subproceso de planeación y revisión de inventarios, se observa que el número de elementos se reduce de diez a siete, igual que en el caso del subproceso de requisiciones.

VIII. Conclusiones

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Tomar los procesos de un departamento o área perteneciente a una organización, en este caso específico el área de compras de material indirecto, para encontrar sobre éstos puntos de mejora, es un trabajo arduo pero satisfactorio. La utilización de la notación del modelado de procesos de negocio y las técnicas de simulación son de gran ayuda para identificar los puntos principales de interés, tales como: actividades que son realizadas con duplicidad, cuellos de botella, actividades que no proporcionan valor y aún más, son útiles para conocer el detalle e identificar hasta nivel recursos tiempos de operación, políticas, etc.

El modelado de procesos de negocio es una herramienta de fácil uso, una vez que se está familiarizado con sus elementos, lo que significan y las reglas de modelado. Ésta, es de gran ayuda en la visualización de procesos y subprocesos a diferentes niveles. La inclusión de roles en este modelado, facilita la asignación de responsabilidad, tal como lo haría una gráfica de responsabilidad linear tipo RACI de un modo mucho más general. Incluso es posible, identificar a primera vista, cuellos de botella y flujos o conectores sin sentido como en el caso de la duplicidad de actividades o actividades no relacionadas con el objetivo del proceso. Permite ir de lo general a lo específico, sin perder de vista el nivel más alto de abstracción del proceso. Existen varias opciones para representar de manera gráfica procesos, lo importante es definir los elementos que se utilizarán y más importante aún es, que el personal del área o equipo que trabajará con esto utilice homogéneamente la misma notación para hablar como se dice coloquialmente “el mismo lenguaje”.

Se dice que es importante tener claro lo que se pretende modelar, sobre todo hablando de modelos para sistemas de simulación, sin embargo en ocasiones pareciera que echar un vistazo al contexto, los márgenes del sistema, los bordes o fronteras del sistema no es tan descabellado. Se pueden descubrir problemas inherentes e incluso importantes sobre la marcha, en el análisis, que pueden llegar a dar un giro importante al problema que se trata de abordar. Un análisis bien realizado entonces es el que llevará a un modelo bien logrado.

La simulación resultó ser una técnica bastante útil para medir procesos pero más aún para asegurar que los cambios propuestos están sustentados. La solución numérica que la simulación provee da menor cabida a suposiciones y un mayor grado de confianza en los resultados, una vez que el sistema ha sido probado como estable. El modelo de negocios, ya sea en la notación de proceso de negocios o en cualquier otra notación que se maneje en la organización, es muy importante para que todos los involucrados decidan que parte o problema en específico se modelará. La simulación es una técnica útil, sin embargo la recolección de datos y construcción del sistema es una tarea que lleva tiempo y como toda actividad tiene un costo asociado.

El diseño del modelo es una parte esencial para decidir qué tipo de solución se abordará, numérica o analítica, sabiendo de antemano que la simulación requiere de un esfuerzo mayor.

Al final la aportación que se realice a la organización, es lo que debe dar la pauta para la utilización de las técnicas mostradas en este caso de estudio. El sistema organizacional compuesto, de todos sus diferentes procesos, es un área de oportunidad inmejorable para su aplicación. Existirán variables externas que estén fuera del control estructural interno, pero siempre se encontrarán soluciones para suavizar su efecto al interiorizarse en el negocio.

La reingeniería que se pretenda aplicar en un futuro, sobre los dos subprocesos tocados en este caso práctico, estará basada en la documentación que se dejó. Reduciendo así supuestos y la mala costumbre de que las personas se lleven el conocimiento consigo, una vez que salen del área o de la organización.

En este caso de estudio se utilizó la herramienta de simulación Arena de Rockwell Software. Esta cuenta con elementos llamados módulos que van conformando el sistema de simulación, en conjunto con las variables y expresiones necesarias, hasta representar favorablemente el funcionamiento del sistema real. La práctica de la simulación no es muy utilizada dentro de las organizaciones, por la falta de planificación de proyectos, falta de conocimiento de herramientas y recursos. En el caso de Sensata sí se manejan paquetes estadísticos para control de procesos de manufactura pero no para los de negocio.

En comparación con la solución numérica, la solución analítica es más sencilla en tanto que no se utilizan expresiones matemáticas complejas, sin embargo la última no por esto requiere de un esfuerzo menor. Se requiere de análisis para la determinación del mejor tipo de enfoque, recolección de datos por igual y una fase de validación y verificación.

El mantenimiento de los inventarios es crucial para una organización. En la problemática dos de este caso práctico los eventos de falta de material detectados se deben sobre todo a la no existencia de una herramienta eficaz, que asista a la actividad de planeación de inventarios. Tener un sistema de inventarios definido, ya sea min-max, Kanban, justo a tiempo y un modelo de inventarios como el punto de re orden que se ajuste a las necesidades de la organización, basado en un instrumento de tecnología de la información, ayudará en gran medida a la consecución del objetivo de planeación y por último a la reducción de desabastecimiento.

Finalmente mencionaré que como encargado de un área, cualquiera que esta sea, es importante asegurar que los recursos humanos asignados a realizar sus actividades, hagan las mismas. Se observó de manera recurrente como dichos recursos, gastan tiempo en pequeñas tareas, que no necesariamente suman al objetivo final de su proceso o solo retrasan su terminación. Esto está basado en las observaciones que tomaron lugar para el desarrollo de este trabajo. Cuando los objetivos nos son alcanzados en tiempo, es válido revisar el proceso actual, buscar las razones que lo afectan y tomar las medidas de necesarias ya sea para modificar el proceso interno, o solicitar cambios a los roles participantes que proveen las entradas del proceso en cuestión.

Con el trabajo realizado en este caso y detallando cada uno de sus objetivos se logró lo que a continuación se menciona:

- Se logró modelar el proceso de negocios del área de compras de material indirecto utilizando la notación de modelado de procesos de negocio habiendo definido el proceso en particular, que fue el de la transformación de las requisiciones de compra a órdenes de compra como tal.
- La identificación de los principales componentes y actividades del proceso seleccionado se fue llevando de lo general a lo específico. Primero mostrando el proceso de compras con las actividades de los roles que intervienen desde un nivel más alto, en donde se ve a los proveedores y solicitantes para posteriormente centrarse en los roles internos de la organización y el proceso. Una vez identificado el proceso particular, esta fue una tarea sencilla.
- La recolección de datos en este caso fue laboriosa pero sencilla, ya que se contaba con el acceso a las tablas del ERP. Se utilizó la herramienta PL/SQL para obtener la información de la base de datos de Oracle y posteriormente con la ayuda de Microsoft SQL se procesó de tal manera que se obtuviera la información muestra, posteriormente los datos se exportaron a un archivo de texto y más tarde se importaron al Input Analyzer de Arena.
- Después de definir la problemática y aplicando las técnicas de modelado y simulación, fue posible elegir la mejor alternativa de solución. Se contemplaron diferentes cambios, tanto de política operacional como de nivel de recursos, y finalmente se llegó a una solución que implicó el uso de la tecnología, que por cierto, ya se tenía disponible, solo que no era utilizada por cuestiones de auditoría. Sin embargo de no haberse elaborado el estudio, el cambio no habría sucedido. Confirmando que la correcta aplicación y uso de herramientas de tecnología para la mejora de los procesos da como resultado una mejor manera de alcanzar objetivos ya sea tácticos o estratégicos. La mejora fue notoria para el problema de requerimiento de órdenes, en tanto al tiempo que se invertía a lo largo de todo el proceso, desde ir a buscar firmas, llenado de formato, dar seguimiento mediante correos, búsqueda de respuestas de manera telefónica o por email., etc. Ahora todo es de manera electrónica utilizando las herramientas correctas y disponibles para esto.
- Al haber propuesto un proceso diferente, sobre uno ya existente tanto en la parte de requisiciones, como en la parte de inventarios, habiendo utilizado las técnicas de modelado y simulación y teniendo el análisis de la situación, hicieron posible proveer la sustentación para el cambio, difiriendo de la manera comúnmente utilizada a “prueba y error”, brindando certeza de que el cambio es una mejora a lo que prevalece.

Referencias

- Beamon, B.M., 1998. Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods. *International Journal of Production Economics*, 55(3), pp.281–294.
- Becker, J., Roseman, M. & Uthmann, C. von, 2000. Guidelines of Business Process Modeling. *Business Process Management*, 1806/2000, pp.241–262.
- Boricky, E., 2010. Modeling, Simulation and Optimization.
- Bosilj-Vuksic, V., Ceric, V. & Hlupic, V., 2007. Criteria for the evaluation of business process simulation tools. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 2, pp.73–88.
- Callaghan, R., 1986. A System Dynamics Perspective On JIT-Kanban.
- Carson II, J.S., 2004. Introduction to Modeling and Simulation. *WSC '04 Proceedings of the 36th conference on Winter simulation Winter Simulation Conference ©2004*. Available at: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1161740>.
- Chesbrough, H. & Rosenbloom, R.S., 2002. The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. *Industrial and Corporate Change*, 11(3), pp.529–555.
- Chung, C.A., 2004. *Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach*, Boca Raton, Florida: CRC Press LLC.
- Chwif, L., Barretto, M.R.P. & Saliby, E., 2002. Supply chain analysis: supply chain analysis: spreadsheet or simulation? In *Proceedings of the 34th conference on Winter simulation: exploring new frontiers*. WSC '02. Winter Simulation Conference, pp. 59–66. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1030453.1030464> [Accessed March 12, 2012].
- Craig, J.R. & Read, W.W., 2010. The future of analytical solution methods for groundwater flow and transport simulation. *International Conference on Water Resources*.
- Curtis, B., Kellner, M.I. & Over, J., 1992. Process Modeling. *Communications of the ACM - Special issue on analysis and modeling in software development*, 35(9).
- Davenport, T.H., 1993. *Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology*. Harvard Business Press: Cambridge.
- Davenport, T.H. & Short, J.E., 1990. *The new industrial engineering: information technology and business process redesign*, Sloan School of Management. Available at: <http://hdl.handle.net/1721.1/48613> [Accessed February 24, 2012].

- Dong, J. et al., 2006. IBM SmartSCOR-a SCOR based supply chain transformation platform through simulation and optimization techniques. In *Simulation Conference, 2006. WSC 06. Proceedings of the Winter*. pp. 650–659.
- Dubin, D., 2003. *Numerical and Analytical Methods For Scientist and Engineers Using Mathematica*, Hoboken, New Jersey.: John Wiley & Sons, Inc.
- Fleisch, E. & Tellkamp, C., 2005. Inventory inaccuracy and supply chain performance: a simulation study of a retail supply chain. *International Journal of Production Economics*, 95(3), pp.373–385.
- Forrester, J.W., 1961. *Industrial Dynamics. The M.I.T. Press.*
- Frolick, M.N. & Ariyachandra, T.R., 2006. Business Performance Management: One Truth. *Information Systems Management*, 23(1), pp.41–48.
- Ghose, A. & Koliadis, G., 2007. Auditing Business Process Compliance. *Service Oriented Computing*, 4749, pp.169–180.
- Giaglis, G.M., 2001. A Taxonomy of Business Process Modeling and Information Systems Modeling Techniques. *INTERNATIONAL JOURNAL OF FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS*, 13(2), pp.209–228.
- Giaglis, G.M., Paul, R.J. & Doukidis, G.I., 1996. Simulation for intra- and inter-organisational business process modelling. *Simulation Conference, 1996. Proceedings. Winter*, pp.1297–1304.
- Greasley, A., 2003. Using business-process simulation within a business-process reengineering approach. *Business Process Management Journal*, 9(4), pp.408–420.
- Gunasekaran, A., 1999. Just-in-time purchasing: An investigation for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), pp.77–84.
- H. James, H., 1991. *Business Process Improvement. McGraw-Hill: New York.*
- Hammer, M. & Champy, J., 1993. *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. HarperCollins: New York.*
- Henry, 1995. *Modelos de Investigación.*
- Hlupic, V. & Robinson, S., 1998. Business process modelling and analysis using discrete-event simulation. Available at: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=293489>.
- Hugos, M., 2003. *Essentials of Supply Chain Management*, Hoboken, New Jersey.: Copyright © 2003 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

- Jain, S. et al., 2001. Supply chain applications II: development of a high-level supply chain simulation model. In *Proceedings of the 33rd conference on Winter simulation*. pp. 1129–1137.
- Jansen-Vullers, M.H. & Netjes, M., 2006. Business process simulation - a tool survey. *Management (2006)*, pp.77–96.
- Kaufman, A., 1996. Modelación. Tomo I. CECSA, Barcelona. Available at: <http://www.cidse.itcr.ac.cr/revistamate/ContribucionesV4n12003/modeloDidact/pag9.htm>.
- Kettinger, W.J., Teng, J.T.C. & Guha, S., 1997. Business process change: a study of methodologies, techniques, and tools. *MIS quarterly*, pp.55–80.
- Kirkwood, C.W., 1998. Chapter 2. A Modeling Approach. In *System Dynamics Methods: A Quick Introduction*. College of Buisness Arizona State University, pp. 16–20.
- Kleijnen, J.P.C., 2005. Supply chain simulation tools and techniques: a survey. *International Journal of Simulation & Process Modelling*, 1, pp.82–89.
- Kleijnen J.P.C. & Smits M.T., 2003. Performance metrics in supply chain management. *Journal of the Operational Research Society*, 54(5), pp.507–514.
- Kloos, O., Nissen, V. & Petsch, M., 2009. From Process to Simulaton - A Transformation Model Approach. *Mendling, J.; Rinderle-Ma, S.; Esswein, W. (Eds.): Proceedings of the 3rd International Workshop EMISA 2009, LNI P-152 © Gesellschaft für Informatik, 2009*.
- Lin, F.-R., Yang, M.-C. & Pai, Y.-H., 2002. A generic structure for business process modeling. *Business Process Management Journal*, 8(1), pp.19–41.
- Mansar, S.L. & Reijers, H.A., 2005. Best practices in business process redesign:validation of a redesign framework. *Journal Computers in Industry*, 56(5), pp.457–471.
- Mayer, R.J., Painter, M.K. & deWitte, P.S., 1992. *IDEF Family of Methods for Concurrent Engineering and Business Re-engineering Applications*, Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.114.9568>.
- Mentzer, J.T. et al., 2001. Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), pp.1–25.
- Miller, J., 1998. The psychology mathematical. Available at: <http://www.cidse.itcr.ac.cr/revistamate/ContribucionesV4n12003/modeloDidact/pag9.htm>.
- Muehlen, M. zur & Recker, J., 2008. How much language is enough? Theoretical and practical use of the business process modeling notation. *Advanced Information Systems Engineering*, 5074, pp.465–479.

- Muller, M., 2003. *Essentials of Inventory Management*, © 2003 AMACOM.
- Murata, T., 2002. Petri Nets: Properties, Analysis and Applications. , 77(4), pp.541–580.
- Naylor, T.J. et al., 1966. *Computer Simulation Techniques*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Plane, R., 1997. How to build spreadsheet models. *OR/MS Today*, 24(6), pp.50–54.
- Powell, S.G., 1997. Leading the spreadsheet revolution. *OR/MS Today*, 24(6), pp.8–9.
- Recker, J. et al., 2009. Business Process Modeling - A Comparative Analysis. *Journal of the Association for Information Systems*, 10(4), pp.333–363.
- Rosemann, M., 2006a. Potential pitfalls of process modeling: part A. *Business Process Management Journal*, 12(2), pp.249–254.
- Rosemann, M., 2006b. Potential pitfalls of process modeling: part B. *Business Process Management Journal*, 12(3), pp.377–384.
- Rubinstein, R.Y. & Kroese, D.P., 2008. *Simulation and the Monte Carlo Method* 2nd ed., Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Rumbaugh, J., Jacobson, I. & Booch, G., 1999. *The Unified Modeling Language Reference Manual*, Addison Wesley Longman, Inc.
- Ruopeng, L. & Sadiq, S., 2007. A Survey of Comparative Business Process Modeling Approaches. *Business Information Systems*, 4439, pp.82–94.
- Sánchez, P.J., 2007. Fundamentals of simulation modeling. In *Proceedings of the 39th conference on Winter simulation: 40 years! The best is yet to come*. pp. 54–62.
- Schunk, D. & Plott, B., 2000. Using simulation to analyze supply chains. In *Simulation Conference, 2000. Proceedings. Winter*. Simulation Conference, 2000. Proceedings. Winter. IEEE, pp. 1095–1100 vol.2.
- Singh, V.P., 2009. *System Modeling and Simulation*, Ansari Road, Daryaganj, New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers.
- Stevenson, W.J., 1996. *Production Operations Management* 5th ed., IRWIN.
- Tulinayo, P. (Fiona), Hoppenbrouwers, S.J.B.A. (Stijn) & Proper, H.A. (Erik), 2009. Integrating System Dynamics with Object-Role Modeling. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 15, pp.77–85.
- Ultriva Inc, 2007. Why Is Kanban Better Than Min/Max Replenishment? *Business Lean*. Available at: <http://blog.kanban.com/2007/07/why-kanban-is-better-than-minmax.html>.

Vergidis, K., Tiwari, A. & Majeed, B., 2008. Business Process Analysis and Optimization: Beyond Reengineering. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 38(1), pp.69–82.

Wainer, G.A., 2009. *Discrete-Event Modeling and Simulation. A Practitioner’s Approach*, Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, LLC.

Weske, M., 2007. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*, Springer.

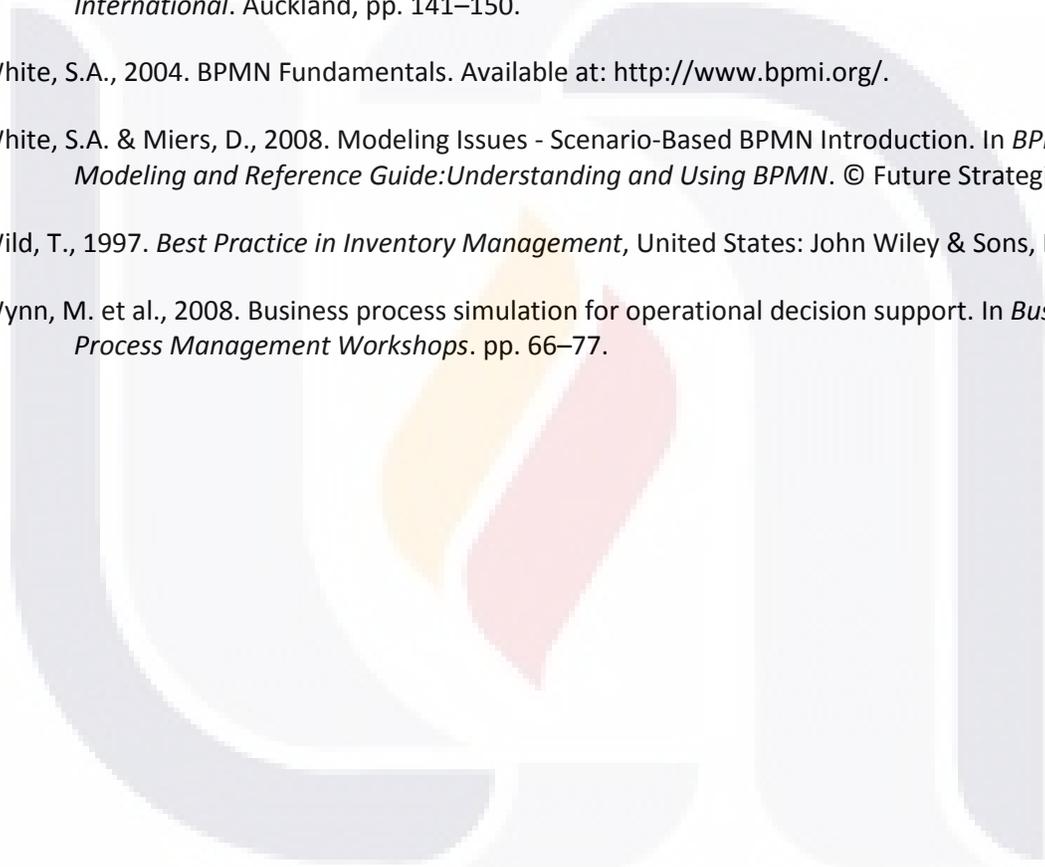
Wetzstein, B. et al., 2009. Monitoring and analyzing influential factors of business process performance. In *Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2009. EDOC’09. IEEE International*. Auckland, pp. 141–150.

White, S.A., 2004. BPMN Fundamentals. Available at: <http://www.bpmi.org/>.

White, S.A. & Miers, D., 2008. Modeling Issues - Scenario-Based BPMN Introduction. In *BPMN Modeling and Reference Guide: Understanding and Using BPMN*. © Future Strategies Inc.

Wild, T., 1997. *Best Practice in Inventory Management*, United States: John Wiley & Sons, Inc.

Wynn, M. et al., 2008. Business process simulation for operational decision support. In *Business Process Management Workshops*. pp. 66–77.

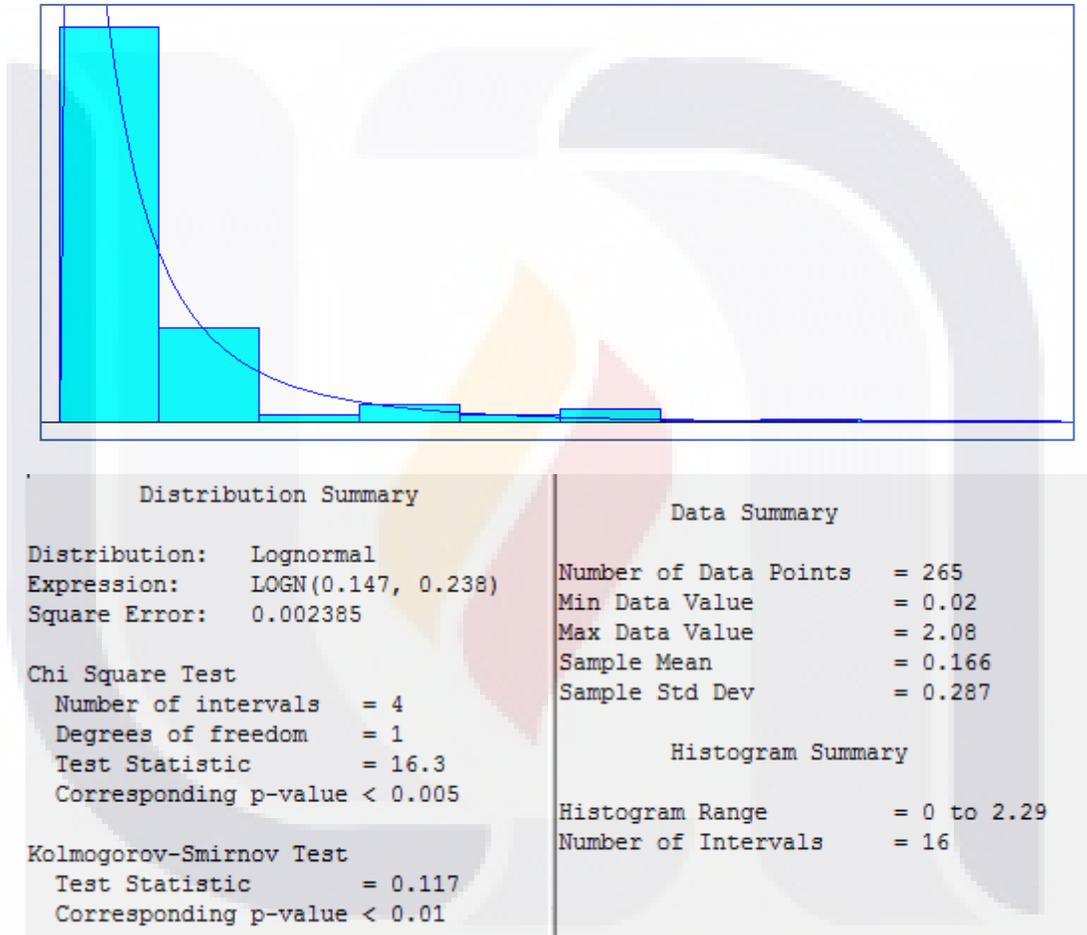


Anexos

Anexo 1. Tiempo y distribución de captura de órdenes de compra

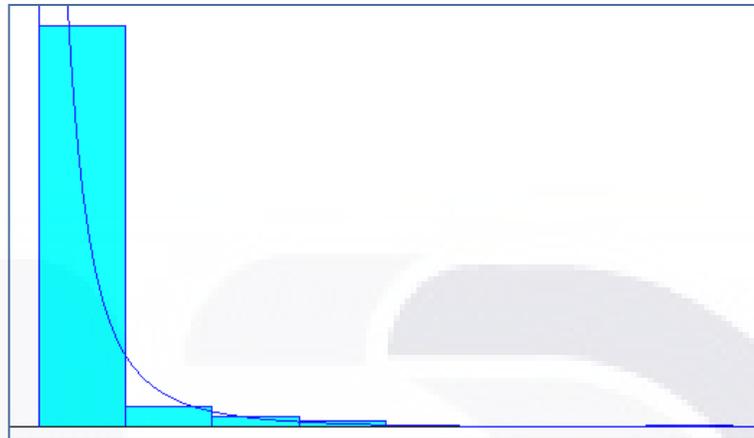
Recurso 1

Resumen:



Recurso 2

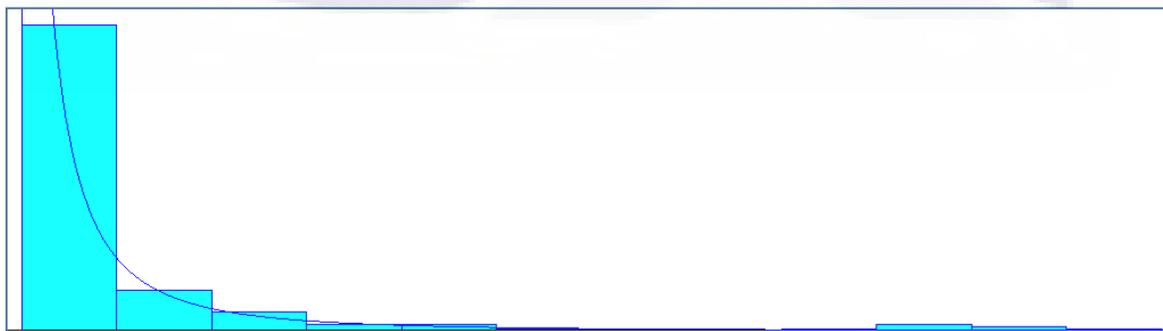
Resumen:



Distribution Summary		Data Summary	
Distribution:	Lognormal	Number of Data Points	= 334
Expression:	LOGN(0.165, 0.313)	Min Data Value	= 0.02
Square Error:	0.000248	Max Data Value	= 5.73
Chi Square Test		Sample Mean	= 0.22
Number of intervals	= 2	Sample Std Dev	= 0.623
Degrees of freedom	= -1		
Test Statistic	= 2.01	Histogram Summary	
Corresponding p-value	< 0.005	Histogram Range	= 0 to 6
Kolmogorov-Smirnov Test		Number of Intervals	= 18
Test Statistic	= 0.14		
Corresponding p-value	< 0.01		

Recurso 3

Resumen:



37004	2	2/9/12 10:38 PM	2/9/12 10:39 PM	0.02
37060	2	2/13/12 3:19 PM	2/13/12 3:20 PM	0.02
37129	2	2/14/12 10:47 PM	2/14/12 10:48 PM	0.02
37149	2	2/15/12 4:52 PM	2/15/12 4:53 PM	0.02
37171	2	2/15/12 9:20 PM	2/15/12 9:21 PM	0.02
37323	2	2/20/12 8:54 PM	2/20/12 8:55 PM	0.02
37845	2	3/9/12 10:51 PM	3/9/12 10:52 PM	0.02
37849	2	3/9/12 11:15 PM	3/9/12 11:16 PM	0.02
37913	2	3/13/12 6:31 PM	3/13/12 6:32 PM	0.02
37930	2	3/13/12 11:26 PM	3/13/12 11:27 PM	0.02
38132	2	3/21/12 10:41 PM	3/21/12 10:42 PM	0.02
38348	2	3/27/12 4:52 PM	3/27/12 4:53 PM	0.02
38359	2	3/27/12 7:47 PM	3/27/12 7:48 PM	0.02
38424	2	3/29/12 3:19 PM	3/29/12 3:20 PM	0.02
38460	2	3/29/12 11:06 PM	3/29/12 11:07 PM	0.02
38555	2	4/3/12 2:00 PM	4/3/12 2:01 PM	0.02
38716	2	4/10/12 7:20 PM	4/10/12 7:21 PM	0.02
38725	2	4/10/12 9:44 PM	4/10/12 9:45 PM	0.02
38748	2	4/11/12 4:16 PM	4/11/12 4:17 PM	0.02
38803	2	4/12/12 2:56 PM	4/12/12 2:57 PM	0.02
38978	2	4/18/12 10:54 PM	4/18/12 10:55 PM	0.02
38984	2	4/19/12 1:55 PM	4/19/12 1:56 PM	0.02
39008	2	4/19/12 4:34 PM	4/19/12 4:35 PM	0.02
24884	2	1/5/11 8:25 PM	1/5/11 8:27 PM	0.03
25023	3	1/10/11 5:06 PM	1/10/11 5:08 PM	0.03
25520	2	1/25/11 4:57 PM	1/25/11 4:59 PM	0.03
25524	3	1/25/11 5:07 PM	1/25/11 5:09 PM	0.03
25532	2	1/25/11 6:19 PM	1/25/11 6:21 PM	0.03
26268	2	2/16/11 5:41 PM	2/16/11 5:43 PM	0.03
26502	2	2/22/11 8:34 PM	2/22/11 8:36 PM	0.03
26526	2	2/23/11 3:55 PM	2/23/11 3:57 PM	0.03
26958	2	3/7/11 9:24 PM	3/7/11 9:26 PM	0.03
27113	2	3/11/11 5:14 PM	3/11/11 5:16 PM	0.03
36022	2	1/9/12 6:06 PM	1/9/12 6:08 PM	0.03
36198	3	1/13/12 11:03 PM	1/13/12 11:05 PM	0.03
36221	2	1/16/12 9:05 PM	1/16/12 9:07 PM	0.03
36356	2	1/19/12 4:52 PM	1/19/12 4:54 PM	0.03
36443	2	1/23/12 3:32 PM	1/23/12 3:34 PM	0.03
36526	3	1/24/12 5:25 PM	1/24/12 5:27 PM	0.03
36640	3	1/27/12 8:11 PM	1/27/12 8:13 PM	0.03

36691	2	1/30/12 6:29 PM	1/30/12 6:31 PM	0.03
36873	3	2/3/12 9:56 PM	2/3/12 9:58 PM	0.03
36897	2	2/7/12 4:54 PM	2/7/12 4:56 PM	0.03
36911	2	2/7/12 9:48 PM	2/7/12 9:50 PM	0.03
37087	2	2/13/12 10:26 PM	2/13/12 10:28 PM	0.03
37135	2	2/14/12 11:23 PM	2/14/12 11:25 PM	0.03
37206	2	2/16/12 8:09 PM	2/16/12 8:11 PM	0.03
37319	2	2/20/12 8:06 PM	2/20/12 8:08 PM	0.03
37415	3	2/23/12 10:32 PM	2/23/12 10:34 PM	0.03
37492	2	2/27/12 11:03 PM	2/27/12 11:05 PM	0.03
37605	2	3/1/12 8:29 PM	3/1/12 8:31 PM	0.03
37812	2	3/8/12 11:14 PM	3/8/12 11:16 PM	0.03
37829	2	3/9/12 5:34 PM	3/9/12 5:36 PM	0.03
37976	2	3/14/12 9:16 PM	3/14/12 9:18 PM	0.03
38217	2	3/23/12 6:21 PM	3/23/12 6:23 PM	0.03
38224	3	3/23/12 9:11 PM	3/23/12 9:13 PM	0.03
38387	2	3/28/12 2:20 PM	3/28/12 2:22 PM	0.03
38403	2	3/28/12 3:46 PM	3/28/12 3:48 PM	0.03
38443	2	3/29/12 8:15 PM	3/29/12 8:17 PM	0.03
38540	2	4/2/12 8:13 PM	4/2/12 8:15 PM	0.03
38614	2	4/4/12 7:10 PM	4/4/12 7:12 PM	0.03
38681	4	4/9/12 8:27 PM	4/9/12 8:29 PM	0.03
38708	3	4/10/12 4:17 PM	4/10/12 4:19 PM	0.03
38723	2	4/10/12 9:32 PM	4/10/12 9:34 PM	0.03
38850	2	4/13/12 4:14 PM	4/13/12 4:16 PM	0.03
38866	3	4/13/12 7:09 PM	4/13/12 7:11 PM	0.03
38918	2	4/16/12 9:23 PM	4/16/12 9:25 PM	0.03
38938	2	4/17/12 9:42 PM	4/17/12 9:44 PM	0.03
39072	2	4/23/12 6:39 PM	4/23/12 6:41 PM	0.03
26303	4	2/17/11 3:50 PM	2/17/11 3:53 PM	0.05
26768	4	3/2/11 7:34 PM	3/2/11 7:37 PM	0.05
26880	2	3/4/11 8:44 PM	3/4/11 8:47 PM	0.05
35935	3	1/5/12 8:42 PM	1/5/12 8:45 PM	0.05
36195	2	1/13/12 10:05 PM	1/13/12 10:08 PM	0.05
36428	4	1/21/12 7:27 PM	1/21/12 7:30 PM	0.05
36432	3	1/21/12 7:55 PM	1/21/12 7:58 PM	0.05
36614	2	1/26/12 9:47 PM	1/26/12 9:50 PM	0.05
36814	2	2/2/12 5:06 PM	2/2/12 5:09 PM	0.05
36860	2	2/3/12 4:36 PM	2/3/12 4:39 PM	0.05
37034	4	2/10/12 6:04 PM	2/10/12 6:07 PM	0.05

37103	3	2/14/12 3:01 PM	2/14/12 3:04 PM	0.05
37274	3	2/17/12 9:33 PM	2/17/12 9:36 PM	0.05
37356	2	2/21/12 8:59 PM	2/21/12 9:02 PM	0.05
37481	5	2/27/12 9:39 PM	2/27/12 9:42 PM	0.05
37607	3	3/1/12 8:34 PM	3/1/12 8:37 PM	0.05
37806	2	3/8/12 10:20 PM	3/8/12 10:23 PM	0.05
37808	4	3/8/12 10:43 PM	3/8/12 10:46 PM	0.05
37824	3	3/9/12 4:04 PM	3/9/12 4:07 PM	0.05
38066	2	3/20/12 3:53 PM	3/20/12 3:56 PM	0.05
38098	3	3/21/12 2:47 PM	3/21/12 2:50 PM	0.05
38131	3	3/21/12 10:35 PM	3/21/12 10:38 PM	0.05
38402	3	3/28/12 3:28 PM	3/28/12 3:31 PM	0.05
38520	5	4/2/12 3:00 PM	4/2/12 3:03 PM	0.05
38537	3	4/2/12 7:49 PM	4/2/12 7:52 PM	0.05
38620	3	4/4/12 9:58 PM	4/4/12 10:01 PM	0.05
38642	3	4/9/12 2:10 PM	4/9/12 2:13 PM	0.05
38682	3	4/9/12 8:33 PM	4/9/12 8:36 PM	0.05
38683	4	4/9/12 8:41 PM	4/9/12 8:44 PM	0.05
38928	4	4/17/12 4:06 PM	4/17/12 4:09 PM	0.05
38954	3	4/18/12 3:58 PM	4/18/12 4:01 PM	0.05
39040	3	4/20/12 8:00 PM	4/20/12 8:03 PM	0.05
25533	6	1/25/11 6:41 PM	1/25/11 6:45 PM	0.07
25538	4	1/25/11 8:30 PM	1/25/11 8:34 PM	0.07
25582	2	1/26/11 6:16 PM	1/26/11 6:20 PM	0.07
36177	2	1/12/12 11:07 PM	1/12/12 11:11 PM	0.07
36383	4	1/19/12 11:15 PM	1/19/12 11:19 PM	0.07
36649	3	1/27/12 9:08 PM	1/27/12 9:12 PM	0.07
36815	2	2/2/12 5:12 PM	2/2/12 5:16 PM	0.07
37029	2	2/10/12 5:11 PM	2/10/12 5:15 PM	0.07
37154	5	2/15/12 5:15 PM	2/15/12 5:19 PM	0.07
37676	3	3/5/12 6:28 PM	3/5/12 6:32 PM	0.07
37985	5	3/14/12 9:37 PM	3/14/12 9:41 PM	0.07
38005	3	3/15/12 6:29 PM	3/15/12 6:33 PM	0.07
38129	3	3/21/12 9:52 PM	3/21/12 9:56 PM	0.07
38197	3	3/23/12 3:22 PM	3/23/12 3:26 PM	0.07
38446	3	3/29/12 8:36 PM	3/29/12 8:40 PM	0.07
38527	2	4/2/12 3:52 PM	4/2/12 3:56 PM	0.07
38801	4	4/12/12 2:46 PM	4/12/12 2:50 PM	0.07
38819	3	4/12/12 6:53 PM	4/12/12 6:57 PM	0.07
38857	2	4/13/12 5:41 PM	4/13/12 5:45 PM	0.07

38951	3	4/18/12 3:36 PM	4/18/12 3:40 PM	0.07
25039	2	1/10/11 8:06 PM	1/10/11 8:11 PM	0.08
25589	2	1/26/11 8:07 PM	1/26/11 8:12 PM	0.08
25598	5	1/26/11 9:36 PM	1/26/11 9:41 PM	0.08
25605	4	1/26/11 9:55 PM	1/26/11 10:00 PM	0.08
26307	2	2/17/11 4:33 PM	2/17/11 4:38 PM	0.08
26770	4	3/2/11 8:11 PM	3/2/11 8:16 PM	0.08
36220	3	1/16/12 8:37 PM	1/16/12 8:42 PM	0.08
36241	3	1/17/12 4:01 PM	1/17/12 4:06 PM	0.08
36360	3	1/19/12 5:10 PM	1/19/12 5:15 PM	0.08
36431	2	1/21/12 7:48 PM	1/21/12 7:53 PM	0.08
37326	4	2/20/12 9:26 PM	2/20/12 9:31 PM	0.08
37512	3	2/28/12 4:32 PM	2/28/12 4:37 PM	0.08
37956	4	3/14/12 6:26 PM	3/14/12 6:31 PM	0.08
38191	4	3/23/12 3:01 PM	3/23/12 3:06 PM	0.08
38856	6	4/13/12 5:19 PM	4/13/12 5:24 PM	0.08
25540	7	1/25/11 8:44 PM	1/25/11 8:50 PM	0.1
26270	4	2/16/11 5:48 PM	2/16/11 5:54 PM	0.1
26481	2	2/22/11 4:11 PM	2/22/11 4:17 PM	0.1
26761	8	3/2/11 5:18 PM	3/2/11 5:24 PM	0.1
36429	1	1/21/12 7:34 PM	1/21/12 7:40 PM	0.1
37514	5	2/28/12 4:43 PM	2/28/12 4:49 PM	0.1
37879	4	3/12/12 8:51 PM	3/12/12 8:57 PM	0.1
38006	2	3/15/12 8:29 PM	3/15/12 8:35 PM	0.1
38718	2	4/10/12 8:30 PM	4/10/12 8:36 PM	0.1
38848	5	4/13/12 3:37 PM	4/13/12 3:43 PM	0.1
38899	3	4/16/12 3:56 PM	4/16/12 4:02 PM	0.1
38940	2	4/17/12 10:09 PM	4/17/12 10:15 PM	0.1
38967	4	4/18/12 9:04 PM	4/18/12 9:10 PM	0.1
39062	4	4/23/12 4:54 PM	4/23/12 5:00 PM	0.1
25594	4	1/26/11 8:53 PM	1/26/11 9:00 PM	0.12
26365	7	2/18/11 5:54 PM	2/18/11 6:01 PM	0.12
26800	9	3/3/11 5:02 PM	3/3/11 5:09 PM	0.12
37674	4	3/5/12 6:10 PM	3/5/12 6:17 PM	0.12
38942	3	4/17/12 10:25 PM	4/17/12 10:32 PM	0.12
38958	4	4/18/12 6:52 PM	4/18/12 6:59 PM	0.12
36125	2	1/11/12 8:43 PM	1/11/12 8:51 PM	0.13
36426	4	1/21/12 6:32 PM	1/21/12 6:40 PM	0.13
37484	4	2/27/12 10:14 PM	2/27/12 10:22 PM	0.13
38065	6	3/20/12 3:36 PM	3/20/12 3:44 PM	0.13

38573	5	4/3/12 7:50 PM	4/3/12 7:58 PM	0.13
38995	6	4/19/12 2:24 PM	4/19/12 2:32 PM	0.13
39013	2	4/19/12 7:58 PM	4/19/12 8:06 PM	0.13
39101	3	4/23/12 10:48 PM	4/23/12 10:56 PM	0.13
26345	4	2/18/11 3:44 PM	2/18/11 3:53 PM	0.15
36899	3	2/7/12 5:37 PM	2/7/12 5:46 PM	0.15
37566	3	2/29/12 6:14 PM	2/29/12 6:23 PM	0.15
38221	4	3/23/12 8:27 PM	3/23/12 8:36 PM	0.15
38919	5	4/16/12 9:38 PM	4/16/12 9:47 PM	0.15
26955	6	3/7/11 8:45 PM	3/7/11 8:55 PM	0.17
37978	4	3/14/12 9:22 PM	3/14/12 9:32 PM	0.17
38093	5	3/20/12 11:37 PM	3/20/12 11:47 PM	0.17
38458	2	3/29/12 10:25 PM	3/29/12 10:35 PM	0.17
39052	7	4/20/12 10:37 PM	4/20/12 10:47 PM	0.17
26254	4	2/16/11 4:08 PM	2/16/11 4:19 PM	0.18
26533	6	2/23/11 4:27 PM	2/23/11 4:38 PM	0.18
36478	5	1/23/12 7:54 PM	1/23/12 8:05 PM	0.18
36591	1	1/25/12 10:00 PM	1/25/12 10:11 PM	0.18
37132	3	2/14/12 11:05 PM	2/14/12 11:16 PM	0.18
37334	10	2/20/12 10:51 PM	2/20/12 11:02 PM	0.18
37583	8	2/29/12 9:52 PM	2/29/12 10:03 PM	0.18
37843	7	3/9/12 10:29 PM	3/9/12 10:40 PM	0.18
38091	11	3/20/12 11:15 PM	3/20/12 11:26 PM	0.18
38102	7	3/21/12 3:09 PM	3/21/12 3:20 PM	0.18
38112	7	3/21/12 6:21 PM	3/21/12 6:32 PM	0.18
38834	8	4/12/12 10:14 PM	4/12/12 10:25 PM	0.18
25385	4	1/20/11 4:19 PM	1/20/11 4:31 PM	0.2
25386	6	1/20/11 4:36 PM	1/20/11 4:48 PM	0.2
35993	12	1/6/12 9:30 PM	1/6/12 9:42 PM	0.2
36556	10	1/24/12 11:21 PM	1/24/12 11:33 PM	0.2
37949	5	3/14/12 5:05 PM	3/14/12 5:17 PM	0.2
38189	7	3/23/12 2:38 PM	3/23/12 2:50 PM	0.2
26251	4	2/16/11 3:42 PM	2/16/11 3:55 PM	0.22
26879	12	3/4/11 8:29 PM	3/4/11 8:42 PM	0.22
35909	7	1/4/12 8:59 PM	1/4/12 9:12 PM	0.22
38432	2	3/29/12 4:49 PM	3/29/12 5:02 PM	0.22
25516	5	1/25/11 4:25 PM	1/25/11 4:39 PM	0.23
37578	6	2/29/12 9:07 PM	2/29/12 9:21 PM	0.23
37682	13	3/5/12 10:01 PM	3/5/12 10:15 PM	0.23
37710	18	3/6/12 10:53 PM	3/6/12 11:07 PM	0.23

38506	14	3/30/12 9:41 PM	3/30/12 9:55 PM	0.23
37945	3	3/14/12 4:03 PM	3/14/12 4:18 PM	0.25
38997	20	4/19/12 2:44 PM	4/19/12 2:59 PM	0.25
39007	8	4/19/12 4:02 PM	4/19/12 4:17 PM	0.25
35907	8	1/4/12 7:39 PM	1/4/12 7:55 PM	0.27
36210	8	1/16/12 4:43 PM	1/16/12 4:59 PM	0.27
37503	5	2/28/12 3:08 PM	2/28/12 3:24 PM	0.27
37574	4	2/29/12 8:40 PM	2/29/12 8:56 PM	0.27
39034	9	4/20/12 5:23 PM	4/20/12 5:40 PM	0.28
26957	7	3/7/11 9:01 PM	3/7/11 9:19 PM	0.3
36157	12	1/12/12 5:31 PM	1/12/12 5:50 PM	0.32
38154	10	3/22/12 4:04 PM	3/22/12 4:23 PM	0.32
38914	13	4/16/12 8:47 PM	4/16/12 9:06 PM	0.32
27073	30	3/10/11 7:56 PM	3/10/11 8:23 PM	0.45
36419	11	1/20/12 9:56 PM	1/20/12 10:24 PM	0.47
37696	5	3/6/12 4:02 PM	3/6/12 4:30 PM	0.47
26169	14	2/14/11 6:01 PM	2/14/11 6:30 PM	0.48
38661	5	4/9/12 4:12 PM	4/9/12 4:41 PM	0.48
37988	16	3/14/12 9:47 PM	3/14/12 10:18 PM	0.52
36898	14	2/7/12 5:01 PM	2/7/12 5:33 PM	0.53
37157	4	2/15/12 5:35 PM	2/15/12 6:07 PM	0.53
38901	15	4/16/12 4:10 PM	4/16/12 4:43 PM	0.55
35913	2	1/4/12 9:26 PM	1/4/12 10:01 PM	0.58
36894	10	2/7/12 3:40 PM	2/7/12 4:16 PM	0.6
37658	24	3/2/12 11:00 PM	3/2/12 11:36 PM	0.6
25577	27	1/26/11 5:03 PM	1/26/11 5:43 PM	0.67
38615	11	4/4/12 8:21 PM	4/4/12 9:05 PM	0.73
37656	49	3/2/12 9:56 PM	3/2/12 10:42 PM	0.77
37718	21	3/7/12 2:27 PM	3/7/12 3:13 PM	0.77
38883	8	4/13/12 9:45 PM	4/13/12 10:32 PM	0.78
27082	19	3/10/11 8:39 PM	3/10/11 9:27 PM	0.8
37077	27	2/13/12 9:18 PM	2/13/12 10:07 PM	0.82
37797	5	3/8/12 8:23 PM	3/8/12 9:14 PM	0.85
36864	4	2/3/12 6:23 PM	2/3/12 7:20 PM	0.95
38413	116	3/28/12 9:06 PM	3/28/12 10:13 PM	1.12
37793	3	3/8/12 6:26 PM	3/8/12 7:34 PM	1.13
38364	30	3/27/12 8:02 PM	3/27/12 9:17 PM	1.25
26313	39	2/17/11 5:06 PM	2/17/11 6:24 PM	1.3
37530	94	2/28/12 9:21 PM	2/28/12 11:04 PM	1.72
37830	5	3/9/12 6:01 PM	3/9/12 8:01 PM	2

26377	14	2/18/11 6:40 PM	2/18/11 8:45 PM	2.08
-------	----	-----------------	-----------------	------

Muestra (Recurso 2):

No. Orden	No. Total de Líneas	Fecha de creación de Ordenes	Fecha de creación de la última línea	Tiempo total de captura de orden
33996	2	10/21/11 4:29 PM	10/21/11 4:30 PM	0.02
34127	2	10/26/11 3:21 PM	10/26/11 3:22 PM	0.02
34326	2	11/7/11 4:08 PM	11/7/11 4:09 PM	0.02
34337	2	11/7/11 5:14 PM	11/7/11 5:15 PM	0.02
34392	2	11/9/11 4:33 PM	11/9/11 4:34 PM	0.02
34430	2	11/10/11 4:39 PM	11/10/11 4:40 PM	0.02
34455	2	11/10/11 6:33 PM	11/10/11 6:34 PM	0.02
34460	2	11/10/11 7:42 PM	11/10/11 7:43 PM	0.02
34633	2	11/17/11 5:11 PM	11/17/11 5:12 PM	0.02
34642	2	11/17/11 6:04 PM	11/17/11 6:05 PM	0.02
35083	2	12/5/11 8:09 PM	12/5/11 8:10 PM	0.02
35328	2	12/14/11 3:21 PM	12/14/11 3:22 PM	0.02
35590	2	12/22/11 5:25 PM	12/22/11 5:26 PM	0.02
35609	2	12/22/11 8:09 PM	12/22/11 8:10 PM	0.02
35641	2	12/23/11 5:49 PM	12/23/11 5:50 PM	0.02
35984	2	1/6/12 6:18 PM	1/6/12 6:19 PM	0.02
36013	2	1/9/12 2:25 PM	1/9/12 2:26 PM	0.02
36026	2	1/9/12 6:16 PM	1/9/12 6:17 PM	0.02
36027	3	1/9/12 6:19 PM	1/9/12 6:20 PM	0.02
36060	2	1/10/12 5:13 PM	1/10/12 5:14 PM	0.02
36063	2	1/10/12 5:51 PM	1/10/12 5:52 PM	0.02
36069	2	1/10/12 6:32 PM	1/10/12 6:33 PM	0.02
36281	2	1/18/12 2:34 PM	1/18/12 2:35 PM	0.02
36294	2	1/18/12 3:44 PM	1/18/12 3:45 PM	0.02
36296	2	1/18/12 3:53 PM	1/18/12 3:54 PM	0.02
36407	2	1/20/12 5:39 PM	1/20/12 5:40 PM	0.02
36410	2	1/20/12 5:57 PM	1/20/12 5:58 PM	0.02
36436	2	1/23/12 2:47 PM	1/23/12 2:48 PM	0.02
36456	2	1/23/12 5:33 PM	1/23/12 5:34 PM	0.02
36474	2	1/23/12 6:37 PM	1/23/12 6:38 PM	0.02
36514	2	1/24/12 2:41 PM	1/24/12 2:42 PM	0.02
36515	2	1/24/12 2:51 PM	1/24/12 2:52 PM	0.02
36517	2	1/24/12 3:17 PM	1/24/12 3:18 PM	0.02

36523	3	1/24/12 5:10 PM	1/24/12 5:11 PM	0.02
36564	2	1/25/12 2:30 PM	1/25/12 2:31 PM	0.02
36703	2	1/30/12 8:30 PM	1/30/12 8:31 PM	0.02
36979	2	2/9/12 2:31 PM	2/9/12 2:32 PM	0.02
36996	2	2/9/12 9:59 PM	2/9/12 10:00 PM	0.02
37068	3	2/13/12 5:37 PM	2/13/12 5:38 PM	0.02
37107	2	2/14/12 3:31 PM	2/14/12 3:32 PM	0.02
37120	2	2/14/12 6:15 PM	2/14/12 6:16 PM	0.02
37121	3	2/14/12 6:29 PM	2/14/12 6:30 PM	0.02
37354	2	2/21/12 8:00 PM	2/21/12 8:01 PM	0.02
37702	3	3/6/12 6:39 PM	3/6/12 6:40 PM	0.02
37744	2	3/7/12 8:18 PM	3/7/12 8:19 PM	0.02
37745	2	3/7/12 8:21 PM	3/7/12 8:22 PM	0.02
37750	2	3/7/12 8:51 PM	3/7/12 8:52 PM	0.02
37857	2	3/12/12 3:37 PM	3/12/12 3:38 PM	0.02
37960	2	3/14/12 6:32 PM	3/14/12 6:33 PM	0.02
37962	2	3/14/12 6:40 PM	3/14/12 6:41 PM	0.02
37970	2	3/14/12 8:30 PM	3/14/12 8:31 PM	0.02
38035	2	3/16/12 6:34 PM	3/16/12 6:35 PM	0.02
38045	3	3/16/12 8:56 PM	3/16/12 8:57 PM	0.02
38210	2	3/23/12 5:20 PM	3/23/12 5:21 PM	0.02
38333	3	3/27/12 2:15 PM	3/27/12 2:16 PM	0.02
38390	2	3/28/12 2:35 PM	3/28/12 2:36 PM	0.02
38397	2	3/28/12 2:50 PM	3/28/12 2:51 PM	0.02
38429	2	3/29/12 4:25 PM	3/29/12 4:26 PM	0.02
38447	3	3/29/12 8:50 PM	3/29/12 8:51 PM	0.02
38483	2	3/30/12 5:34 PM	3/30/12 5:35 PM	0.02
38492	3	3/30/12 6:06 PM	3/30/12 6:07 PM	0.02
38496	2	3/30/12 6:28 PM	3/30/12 6:29 PM	0.02
38590	2	4/4/12 1:55 PM	4/4/12 1:56 PM	0.02
38595	2	4/4/12 2:40 PM	4/4/12 2:41 PM	0.02
38606	4	4/4/12 5:11 PM	4/4/12 5:12 PM	0.02
38613	2	4/4/12 7:00 PM	4/4/12 7:01 PM	0.02
38663	2	4/9/12 4:42 PM	4/9/12 4:43 PM	0.02
38669	3	4/9/12 6:51 PM	4/9/12 6:52 PM	0.02
38779	2	4/11/12 8:20 PM	4/11/12 8:21 PM	0.02
38854	2	4/13/12 4:59 PM	4/13/12 5:00 PM	0.02
38869	2	4/13/12 7:12 PM	4/13/12 7:13 PM	0.02
38905	3	4/16/12 5:37 PM	4/16/12 5:38 PM	0.02
38906	2	4/16/12 6:43 PM	4/16/12 6:44 PM	0.02

38988	2	4/19/12 2:05 PM	4/19/12 2:06 PM	0.02
39001	5	4/19/12 2:56 PM	4/19/12 2:57 PM	0.02
69121583	3	4/15/11 11:04 PM	4/15/11 11:05 PM	0.02
69122187	2	5/31/11 9:02 PM	5/31/11 9:03 PM	0.02
69126231	2	1/26/12 3:53 PM	1/26/12 3:54 PM	0.02
34134	2	10/26/11 3:52 PM	10/26/11 3:54 PM	0.03
34198	2	10/28/11 3:29 PM	10/28/11 3:31 PM	0.03
34324	2	11/7/11 3:56 PM	11/7/11 3:58 PM	0.03
34632	3	11/17/11 5:05 PM	11/17/11 5:07 PM	0.03
35932	2	1/5/12 7:34 PM	1/5/12 7:36 PM	0.03
35954	3	1/6/12 3:05 PM	1/6/12 3:07 PM	0.03
35962	2	1/6/12 3:57 PM	1/6/12 3:59 PM	0.03
36028	4	1/9/12 6:28 PM	1/9/12 6:30 PM	0.03
36237	4	1/17/12 2:40 PM	1/17/12 2:42 PM	0.03
36368	2	1/19/12 7:34 PM	1/19/12 7:36 PM	0.03
36533	3	1/24/12 6:15 PM	1/24/12 6:17 PM	0.03
36535	4	1/24/12 6:21 PM	1/24/12 6:23 PM	0.03
36573	3	1/25/12 5:14 PM	1/25/12 5:16 PM	0.03
36575	2	1/25/12 5:18 PM	1/25/12 5:20 PM	0.03
36824	3	2/2/12 8:14 PM	2/2/12 8:16 PM	0.03
37347	2	2/21/12 2:50 PM	2/21/12 2:52 PM	0.03
37350	3	2/21/12 5:26 PM	2/21/12 5:28 PM	0.03
37432	3	2/24/12 4:46 PM	2/24/12 4:48 PM	0.03
37639	2	3/2/12 3:11 PM	3/2/12 3:13 PM	0.03
37732	4	3/7/12 5:36 PM	3/7/12 5:38 PM	0.03
37738	3	3/7/12 7:55 PM	3/7/12 7:57 PM	0.03
37855	2	3/12/12 2:53 PM	3/12/12 2:55 PM	0.03
38031	4	3/16/12 6:11 PM	3/16/12 6:13 PM	0.03
38123	2	3/21/12 8:41 PM	3/21/12 8:43 PM	0.03
38363	3	3/27/12 8:00 PM	3/27/12 8:02 PM	0.03
38386	3	3/28/12 2:00 PM	3/28/12 2:02 PM	0.03
38393	2	3/28/12 2:39 PM	3/28/12 2:41 PM	0.03
38395	4	3/28/12 2:45 PM	3/28/12 2:47 PM	0.03
38493	2	3/30/12 6:10 PM	3/30/12 6:12 PM	0.03
38554	3	4/3/12 1:53 PM	4/3/12 1:55 PM	0.03
38571	2	4/3/12 6:46 PM	4/3/12 6:48 PM	0.03
38593	3	4/4/12 2:18 PM	4/4/12 2:20 PM	0.03
38598	3	4/4/12 2:52 PM	4/4/12 2:54 PM	0.03
38608	2	4/4/12 5:19 PM	4/4/12 5:21 PM	0.03
38645	3	4/9/12 3:16 PM	4/9/12 3:18 PM	0.03

38753	4	4/11/12 4:41 PM	4/11/12 4:43 PM	0.03
38776	3	4/11/12 7:58 PM	4/11/12 8:00 PM	0.03
38808	4	4/12/12 5:08 PM	4/12/12 5:10 PM	0.03
38809	2	4/12/12 5:15 PM	4/12/12 5:17 PM	0.03
38818	2	4/12/12 6:49 PM	4/12/12 6:51 PM	0.03
38826	5	4/12/12 7:04 PM	4/12/12 7:06 PM	0.03
38904	7	4/16/12 5:22 PM	4/16/12 5:24 PM	0.03
39006	2	4/19/12 3:37 PM	4/19/12 3:39 PM	0.03
39026	3	4/20/12 1:56 PM	4/20/12 1:58 PM	0.03
39037	2	4/20/12 7:00 PM	4/20/12 7:02 PM	0.03
69122915	3	7/20/11 12:40 AM	7/20/11 12:42 AM	0.03
34136	4	10/26/11 4:00 PM	10/26/11 4:03 PM	0.05
34137	2	10/26/11 4:06 PM	10/26/11 4:09 PM	0.05
34199	3	10/28/11 3:42 PM	10/28/11 3:45 PM	0.05
34365	4	11/8/11 4:02 PM	11/8/11 4:05 PM	0.05
34427	2	11/10/11 4:22 PM	11/10/11 4:25 PM	0.05
34458	2	11/10/11 7:32 PM	11/10/11 7:35 PM	0.05
34491	4	11/11/11 7:39 PM	11/11/11 7:42 PM	0.05
34559	3	11/15/11 5:36 PM	11/15/11 5:39 PM	0.05
34561	3	11/15/11 5:48 PM	11/15/11 5:51 PM	0.05
34631	3	11/17/11 4:59 PM	11/17/11 5:02 PM	0.05
34644	3	11/17/11 6:17 PM	11/17/11 6:20 PM	0.05
34669	4	11/18/11 7:40 PM	11/18/11 7:43 PM	0.05
34755	3	11/24/11 2:38 PM	11/24/11 2:41 PM	0.05
34862	3	11/28/11 3:20 PM	11/28/11 3:23 PM	0.05
35199	2	12/8/11 4:03 PM	12/8/11 4:06 PM	0.05
35462	5	12/19/11 5:46 PM	12/19/11 5:49 PM	0.05
35595	25	12/22/11 6:13 PM	12/22/11 6:16 PM	0.05
35647	2	12/23/11 6:46 PM	12/23/11 6:49 PM	0.05
35978	5	1/6/12 5:28 PM	1/6/12 5:31 PM	0.05
36238	2	1/17/12 3:08 PM	1/17/12 3:11 PM	0.05
36371	2	1/19/12 7:57 PM	1/19/12 8:00 PM	0.05
36455	3	1/23/12 5:28 PM	1/23/12 5:31 PM	0.05
36522	4	1/24/12 5:05 PM	1/24/12 5:08 PM	0.05
37028	3	2/10/12 5:10 PM	2/10/12 5:13 PM	0.05
37598	4	3/1/12 6:03 PM	3/1/12 6:06 PM	0.05
37644	4	3/2/12 3:50 PM	3/2/12 3:53 PM	0.05
37757	5	3/7/12 9:27 PM	3/7/12 9:30 PM	0.05
38193	2	3/23/12 3:03 PM	3/23/12 3:06 PM	0.05
38200	2	3/23/12 3:36 PM	3/23/12 3:39 PM	0.05

38216	4	3/23/12 6:01 PM	3/23/12 6:04 PM	0.05
38450	3	3/29/12 8:56 PM	3/29/12 8:59 PM	0.05
38479	3	3/30/12 5:18 PM	3/30/12 5:21 PM	0.05
38599	3	4/4/12 4:20 PM	4/4/12 4:23 PM	0.05
38600	4	4/4/12 4:25 PM	4/4/12 4:28 PM	0.05
38643	3	4/9/12 2:36 PM	4/9/12 2:39 PM	0.05
38709	5	4/10/12 4:24 PM	4/10/12 4:27 PM	0.05
38947	7	4/18/12 1:45 PM	4/18/12 1:48 PM	0.05
39025	4	4/20/12 1:48 PM	4/20/12 1:51 PM	0.05
69121579	1	4/15/11 10:29 PM	4/15/11 10:32 PM	0.05
33994	4	10/21/11 4:13 PM	10/21/11 4:17 PM	0.07
34259	4	11/3/11 6:51 PM	11/3/11 6:55 PM	0.07
34315	3	11/7/11 3:02 PM	11/7/11 3:06 PM	0.07
34329	9	11/7/11 4:41 PM	11/7/11 4:45 PM	0.07
34449	4	11/10/11 6:09 PM	11/10/11 6:13 PM	0.07
34627	5	11/17/11 3:38 PM	11/17/11 3:42 PM	0.07
35341	4	12/14/11 4:05 PM	12/14/11 4:09 PM	0.07
36251	5	1/17/12 5:19 PM	1/17/12 5:23 PM	0.07
36439	5	1/23/12 3:02 PM	1/23/12 3:06 PM	0.07
36449	3	1/23/12 4:42 PM	1/23/12 4:46 PM	0.07
37169	8	2/15/12 8:17 PM	2/15/12 8:21 PM	0.07
37353	6	2/21/12 6:16 PM	2/21/12 6:20 PM	0.07
37747	3	3/7/12 8:28 PM	3/7/12 8:32 PM	0.07
37751	5	3/7/12 8:55 PM	3/7/12 8:59 PM	0.07
37752	5	3/7/12 9:02 PM	3/7/12 9:06 PM	0.07
37764	4	3/7/12 10:35 PM	3/7/12 10:39 PM	0.07
37973	12	3/14/12 8:43 PM	3/14/12 8:47 PM	0.07
38023	5	3/16/12 3:11 PM	3/16/12 3:15 PM	0.07
38208	4	3/23/12 4:55 PM	3/23/12 4:59 PM	0.07
38650	5	4/9/12 3:31 PM	4/9/12 3:35 PM	0.07
38662	4	4/9/12 4:28 PM	4/9/12 4:32 PM	0.07
38806	5	4/12/12 4:00 PM	4/12/12 4:04 PM	0.07
38861	3	4/13/12 6:45 PM	4/13/12 6:49 PM	0.07
38994	3	4/19/12 2:24 PM	4/19/12 2:28 PM	0.07
39033	6	4/20/12 4:59 PM	4/20/12 5:03 PM	0.07
33984	4	10/21/11 3:01 PM	10/21/11 3:06 PM	0.08
33992	5	10/21/11 4:02 PM	10/21/11 4:07 PM	0.08
34411	4	11/10/11 2:21 PM	11/10/11 2:26 PM	0.08
34443	6	11/10/11 5:35 PM	11/10/11 5:40 PM	0.08
34450	4	11/10/11 6:17 PM	11/10/11 6:22 PM	0.08

34626	4	11/17/11 3:20 PM	11/17/11 3:25 PM	0.08
34639	5	11/17/11 5:41 PM	11/17/11 5:46 PM	0.08
35162	8	12/7/11 5:27 PM	12/7/11 5:32 PM	0.08
35343	2	12/14/11 4:33 PM	12/14/11 4:38 PM	0.08
35918	47	1/5/12 2:23 PM	1/5/12 2:28 PM	0.08
36058	6	1/10/12 4:57 PM	1/10/12 5:02 PM	0.08
36565	4	1/25/12 2:36 PM	1/25/12 2:41 PM	0.08
36989	4	2/9/12 5:55 PM	2/9/12 6:00 PM	0.08
37640	3	3/2/12 3:18 PM	3/2/12 3:23 PM	0.08
37753	5	3/7/12 9:08 PM	3/7/12 9:13 PM	0.08
38538	8	4/2/12 8:02 PM	4/2/12 8:07 PM	0.08
39061	2	4/23/12 4:07 PM	4/23/12 4:12 PM	0.08
34864	4	11/28/11 4:06 PM	11/28/11 4:12 PM	0.1
34867	2	11/28/11 4:45 PM	11/28/11 4:51 PM	0.1
35593	6	12/22/11 5:39 PM	12/22/11 5:45 PM	0.1
35638	4	12/23/11 5:19 PM	12/23/11 5:25 PM	0.1
35933	32	1/5/12 7:38 PM	1/5/12 7:44 PM	0.1
36284	9	1/18/12 2:51 PM	1/18/12 2:57 PM	0.1
36566	7	1/25/12 2:46 PM	1/25/12 2:52 PM	0.1
37561	3	2/29/12 4:58 PM	2/29/12 5:04 PM	0.1
37863	5	3/12/12 5:09 PM	3/12/12 5:15 PM	0.1
38029	7	3/16/12 5:35 PM	3/16/12 5:41 PM	0.1
38742	5	4/11/12 3:32 PM	4/11/12 3:38 PM	0.1
33997	4	10/21/11 4:38 PM	10/21/11 4:45 PM	0.12
34060	5	10/24/11 1:34 PM	10/24/11 1:41 PM	0.12
34364	6	11/8/11 3:50 PM	11/8/11 3:57 PM	0.12
34388	8	11/9/11 2:23 PM	11/9/11 2:30 PM	0.12
34439	8	11/10/11 5:13 PM	11/10/11 5:20 PM	0.12
34532	7	11/15/11 2:26 PM	11/15/11 2:33 PM	0.12
34866	7	11/28/11 4:30 PM	11/28/11 4:37 PM	0.12
35339	3	12/14/11 3:47 PM	12/14/11 3:54 PM	0.12
35423	3	12/16/11 6:36 PM	12/16/11 6:43 PM	0.12
35711	6	12/27/11 2:42 PM	12/27/11 2:49 PM	0.12
36247	4	1/17/12 4:20 PM	1/17/12 4:27 PM	0.12
36527	5	1/24/12 5:31 PM	1/24/12 5:38 PM	0.12
36694	3	1/30/12 7:46 PM	1/30/12 7:53 PM	0.12
36729	3	1/31/12 4:51 PM	1/31/12 4:58 PM	0.12
37748	2	3/7/12 8:35 PM	3/7/12 8:42 PM	0.12
37971	5	3/14/12 8:33 PM	3/14/12 8:40 PM	0.12
38032	5	3/16/12 6:16 PM	3/16/12 6:23 PM	0.12

38775	6	4/11/12 7:43 PM	4/11/12 7:50 PM	0.12
34062	8	10/24/11 1:50 PM	10/24/11 1:58 PM	0.13
34630	5	11/17/11 4:45 PM	11/17/11 4:53 PM	0.13
35247	4	12/9/11 9:33 PM	12/9/11 9:41 PM	0.13
36859	5	2/3/12 4:35 PM	2/3/12 4:43 PM	0.13
38791	4	4/11/12 10:13 PM	4/11/12 10:21 PM	0.13
38863	16	4/13/12 6:54 PM	4/13/12 7:02 PM	0.13
33978	4	10/21/11 1:31 PM	10/21/11 1:40 PM	0.15
35035	7	12/2/11 5:57 PM	12/2/11 6:06 PM	0.15
35096	2	12/5/11 9:07 PM	12/5/11 9:16 PM	0.15
35097	5	12/5/11 9:27 PM	12/5/11 9:36 PM	0.15
35657	6	12/26/11 2:14 PM	12/26/11 2:23 PM	0.15
36185	10	1/13/12 5:14 PM	1/13/12 5:23 PM	0.15
36291	11	1/18/12 3:30 PM	1/18/12 3:39 PM	0.15
36779	2	2/1/12 6:31 PM	2/1/12 6:40 PM	0.15
37912	2	3/13/12 6:21 PM	3/13/12 6:30 PM	0.15
38487	2	3/30/12 5:41 PM	3/30/12 5:50 PM	0.15
39074	15	4/23/12 6:56 PM	4/23/12 7:05 PM	0.15
35126	8	12/6/11 5:29 PM	12/6/11 5:39 PM	0.17
35642	13	12/23/11 5:52 PM	12/23/11 6:02 PM	0.17
36188	30	1/13/12 5:37 PM	1/13/12 5:47 PM	0.17
37762	4	3/7/12 10:23 PM	3/7/12 10:33 PM	0.17
38207	4	3/23/12 4:32 PM	3/23/12 4:42 PM	0.17
38790	15	4/11/12 9:54 PM	4/11/12 10:04 PM	0.17
33977	6	10/21/11 1:11 PM	10/21/11 1:22 PM	0.18
34414	7	11/10/11 2:34 PM	11/10/11 2:45 PM	0.18
34702	14	11/22/11 5:23 PM	11/22/11 5:34 PM	0.18
35646	3	12/23/11 6:29 PM	12/23/11 6:40 PM	0.18
36772	11	2/1/12 5:23 PM	2/1/12 5:34 PM	0.18
37402	3	2/23/12 5:30 PM	2/23/12 5:41 PM	0.18
34121	8	10/26/11 1:14 PM	10/26/11 1:26 PM	0.2
34126	4	10/26/11 3:02 PM	10/26/11 3:14 PM	0.2
35125	9	12/6/11 4:52 PM	12/6/11 5:04 PM	0.2
35537	6	12/21/11 3:37 PM	12/21/11 3:49 PM	0.2
35632	5	12/23/11 4:38 PM	12/23/11 4:50 PM	0.2
36359	8	1/19/12 5:08 PM	1/19/12 5:20 PM	0.2
38030	8	3/16/12 5:51 PM	3/16/12 6:03 PM	0.2
39027	2	4/20/12 2:33 PM	4/20/12 2:45 PM	0.2
36909	15	2/7/12 9:39 PM	2/7/12 9:52 PM	0.22
38783	15	4/11/12 8:38 PM	4/11/12 8:51 PM	0.22

38996	7	4/19/12 2:30 PM	4/19/12 2:43 PM	0.22
35230	4	12/9/11 4:09 PM	12/9/11 4:23 PM	0.23
35922	7	1/5/12 3:56 PM	1/5/12 4:10 PM	0.23
35091	4	12/5/11 8:33 PM	12/5/11 8:48 PM	0.25
35327	17	12/14/11 3:02 PM	12/14/11 3:17 PM	0.25
35458	16	12/19/11 4:57 PM	12/19/11 5:12 PM	0.25
36528	14	1/24/12 5:42 PM	1/24/12 5:57 PM	0.25
37964	2	3/14/12 7:48 PM	3/14/12 8:03 PM	0.25
38275	14	3/26/12 5:20 PM	3/26/12 5:35 PM	0.25
35397	2	12/15/11 10:46 PM	12/15/11 11:02 PM	0.27
35635	9	12/23/11 4:56 PM	12/23/11 5:12 PM	0.27
34166	11	10/27/11 2:46 PM	10/27/11 3:03 PM	0.28
38026	1	3/16/12 3:56 PM	3/16/12 4:13 PM	0.28
38220	19	3/23/12 8:01 PM	3/23/12 8:18 PM	0.28
34169	2	10/27/11 3:06 PM	10/27/11 3:24 PM	0.3
34521	15	11/14/11 6:27 PM	11/14/11 6:45 PM	0.3
35454	8	12/19/11 3:17 PM	12/19/11 3:35 PM	0.3
35624	3	12/23/11 3:16 PM	12/23/11 3:34 PM	0.3
37944	7	3/14/12 3:58 PM	3/14/12 4:16 PM	0.3
35028	11	12/2/11 3:42 PM	12/2/11 4:01 PM	0.32
35254	7	12/9/11 11:21 PM	12/9/11 11:41 PM	0.33
35979	10	1/6/12 5:36 PM	1/6/12 5:56 PM	0.33
37408	4	2/23/12 6:13 PM	2/23/12 6:33 PM	0.33
37828	21	3/9/12 4:54 PM	3/9/12 5:14 PM	0.33
34097	15	10/25/11 2:43 PM	10/25/11 3:04 PM	0.35
34416	36	11/10/11 3:04 PM	11/10/11 3:26 PM	0.37
35369	2	12/14/11 11:24 PM	12/14/11 11:46 PM	0.37
34541	15	11/15/11 3:31 PM	11/15/11 3:54 PM	0.38
34863	5	11/28/11 3:29 PM	11/28/11 3:54 PM	0.42
38929	9	4/17/12 4:20 PM	4/17/12 4:45 PM	0.42
35712	11	12/27/11 2:57 PM	12/27/11 3:23 PM	0.43
36563	2	1/25/12 2:26 PM	1/25/12 2:54 PM	0.47
38981	6	4/19/12 1:33 PM	4/19/12 2:02 PM	0.48
37308	4	2/20/12 5:12 PM	2/20/12 5:42 PM	0.5
34139	15	10/26/11 4:32 PM	10/26/11 5:03 PM	0.52
34534	6	11/15/11 2:40 PM	11/15/11 3:11 PM	0.52
34141	19	10/26/11 5:12 PM	10/26/11 5:45 PM	0.55
34261	28	11/3/11 7:38 PM	11/3/11 8:11 PM	0.55
38743	19	4/11/12 3:43 PM	4/11/12 4:17 PM	0.57
35420	8	12/16/11 5:22 PM	12/16/11 5:57 PM	0.58

34173	21	10/27/11 3:34 PM	10/27/11 4:17 PM	0.72
34706	29	11/22/11 5:55 PM	11/22/11 6:39 PM	0.73
35661	15	12/26/11 3:16 PM	12/26/11 4:07 PM	0.85
34162	14	10/27/11 1:29 PM	10/27/11 2:21 PM	0.87
38428	4	3/29/12 4:15 PM	3/29/12 5:07 PM	0.87
36441	17	1/23/12 3:16 PM	1/23/12 4:10 PM	0.9
35600	9	12/22/11 6:42 PM	12/22/11 7:37 PM	0.92
39005	35	4/19/12 3:27 PM	4/19/12 4:27 PM	1
36735	11	1/31/12 6:41 PM	1/31/12 7:47 PM	1.1
38815	4	4/12/12 5:40 PM	4/12/12 6:46 PM	1.1
35234	4	12/9/11 5:00 PM	12/9/11 6:09 PM	1.15
34389	35	11/9/11 2:35 PM	11/9/11 3:49 PM	1.23
35919	14	1/5/12 2:33 PM	1/5/12 3:49 PM	1.27
36818	18	2/2/12 6:23 PM	2/2/12 7:47 PM	1.4
34672	81	11/18/11 7:51 PM	11/18/11 9:42 PM	1.85
35471	21	12/19/11 6:17 PM	12/19/11 8:40 PM	2.38
33955	15	10/20/11 6:36 PM	10/20/11 9:02 PM	2.43
35325	3	12/14/11 2:52 PM	12/14/11 7:06 PM	4.23
35150	5	12/7/11 3:03 PM	12/7/11 8:10 PM	5.12
35149	30	12/7/11 2:55 PM	12/7/11 8:30 PM	5.58
35148	59	12/7/11 2:41 PM	12/7/11 8:25 PM	5.73

Muestra (Recurso 3):

No. Orden	No. Total de Líneas	Fecha de creación de Ordenes	Fecha de creación de la última línea	Tiempo total de captura de orden
36084	2	1/10/12 8:16 PM	1/10/12 8:17 PM	0.02
36375	2	1/19/12 9:38 PM	1/19/12 9:39 PM	0.02
36423	2	1/20/12 11:46 PM	1/20/12 11:47 PM	0.02
36438	2	1/23/12 2:58 PM	1/23/12 2:59 PM	0.02
36481	1	1/23/12 8:51 PM	1/23/12 8:52 PM	0.02
36686	2	1/30/12 5:43 PM	1/30/12 5:44 PM	0.02
36945	2	2/8/12 5:20 PM	2/8/12 5:21 PM	0.02
37016	2	2/10/12 2:55 PM	2/10/12 2:56 PM	0.02
37041	2	2/10/12 8:26 PM	2/10/12 8:27 PM	0.02
37222	2	2/16/12 11:29 PM	2/16/12 11:30 PM	0.02
37307	2	2/20/12 5:09 PM	2/20/12 5:10 PM	0.02
37456	4	2/27/12 3:18 PM	2/27/12 3:19 PM	0.02
37506	2	2/28/12 3:24 PM	2/28/12 3:25 PM	0.02
38061	1	3/20/12 2:38 PM	3/20/12 2:39 PM	0.02

38172	2	3/22/12 10:04 PM	3/22/12 10:05 PM	0.02
38580	2	4/3/12 8:40 PM	4/3/12 8:41 PM	0.02
69126121	14	1/20/12 4:15 PM	1/20/12 4:16 PM	0.02
69127906	2	4/19/12 4:46 PM	4/19/12 4:47 PM	0.02
36252	2	1/17/12 5:39 PM	1/17/12 5:41 PM	0.03
36261	2	1/17/12 9:56 PM	1/17/12 9:58 PM	0.03
36477	11	1/23/12 7:49 PM	1/23/12 7:51 PM	0.03
36620	2	1/26/12 10:59 PM	1/26/12 11:01 PM	0.03
36666	2	1/30/12 3:18 PM	1/30/12 3:20 PM	0.03
37015	2	2/10/12 2:49 PM	2/10/12 2:51 PM	0.03
37037	2	2/10/12 6:36 PM	2/10/12 6:38 PM	0.03
37690	2	3/6/12 2:55 PM	3/6/12 2:57 PM	0.03
37693	1	3/6/12 3:09 PM	3/6/12 3:11 PM	0.03
37727	2	3/7/12 4:27 PM	3/7/12 4:29 PM	0.03
37953	3	3/14/12 5:44 PM	3/14/12 5:46 PM	0.03
38060	1	3/20/12 2:34 PM	3/20/12 2:36 PM	0.03
38062	1	3/20/12 2:41 PM	3/20/12 2:43 PM	0.03
38063	1	3/20/12 2:46 PM	3/20/12 2:48 PM	0.03
38070	1	3/20/12 5:35 PM	3/20/12 5:37 PM	0.03
38088	1	3/20/12 10:24 PM	3/20/12 10:26 PM	0.03
38152	1	3/22/12 3:28 PM	3/22/12 3:30 PM	0.03
38274	1	3/26/12 5:16 PM	3/26/12 5:18 PM	0.03
38297	2	3/26/12 7:41 PM	3/26/12 7:43 PM	0.03
38399	2	3/28/12 3:18 PM	3/28/12 3:20 PM	0.03
38508	2	3/30/12 11:03 PM	3/30/12 11:05 PM	0.03
38587	2	4/3/12 10:00 PM	4/3/12 10:02 PM	0.03
38780	4	4/11/12 8:22 PM	4/11/12 8:24 PM	0.03
69125665	2	12/27/11 2:46 PM	12/27/11 2:48 PM	0.03
69126116	2	1/20/12 3:06 PM	1/20/12 3:08 PM	0.03
69126239	2	1/26/12 6:13 PM	1/26/12 6:15 PM	0.03
69126611	3	2/10/12 10:30 PM	2/10/12 10:32 PM	0.03
69127444	3	3/21/12 9:33 PM	3/21/12 9:35 PM	0.03
35643	2	12/23/11 5:55 PM	12/23/11 5:58 PM	0.05
36074	1	1/10/12 7:49 PM	1/10/12 7:52 PM	0.05
36106	4	1/10/12 11:38 PM	1/10/12 11:41 PM	0.05
36746	4	1/31/12 8:55 PM	1/31/12 8:58 PM	0.05
36871	3	2/3/12 9:12 PM	2/3/12 9:15 PM	0.05
36987	5	2/9/12 5:18 PM	2/9/12 5:21 PM	0.05
37065	3	2/13/12 4:44 PM	2/13/12 4:47 PM	0.05
37175	7	2/15/12 9:44 PM	2/15/12 9:47 PM	0.05

37313	4	2/20/12 6:29 PM	2/20/12 6:32 PM	0.05
37666	4	3/5/12 2:46 PM	3/5/12 2:49 PM	0.05
37766	3	3/7/12 11:32 PM	3/7/12 11:35 PM	0.05
38156	1	3/22/12 4:38 PM	3/22/12 4:41 PM	0.05
69126138	4	1/20/12 11:30 PM	1/20/12 11:33 PM	0.05
69126331	3	1/30/12 10:27 PM	1/30/12 10:30 PM	0.05
69127377	5	3/15/12 5:12 PM	3/15/12 5:15 PM	0.05
69127399	2	3/16/12 9:33 PM	3/16/12 9:36 PM	0.05
69127582	2	3/28/12 4:29 PM	3/28/12 4:32 PM	0.05
69127824	3	4/14/12 12:10 AM	4/14/12 12:13 AM	0.05
35753	4	12/28/11 4:15 PM	12/28/11 4:19 PM	0.07
36082	3	1/10/12 8:08 PM	1/10/12 8:12 PM	0.07
36218	3	1/16/12 7:58 PM	1/16/12 8:02 PM	0.07
36739	3	1/31/12 8:22 PM	1/31/12 8:26 PM	0.07
37128	2	2/14/12 10:45 PM	2/14/12 10:49 PM	0.07
37180	4	2/15/12 10:16 PM	2/15/12 10:20 PM	0.07
37312	3	2/20/12 6:21 PM	2/20/12 6:25 PM	0.07
37459	5	2/27/12 3:33 PM	2/27/12 3:37 PM	0.07
37515	4	2/28/12 4:55 PM	2/28/12 4:59 PM	0.07
37545	3	2/29/12 2:36 PM	2/29/12 2:40 PM	0.07
37562	3	2/29/12 5:17 PM	2/29/12 5:21 PM	0.07
37692	3	3/6/12 3:03 PM	3/6/12 3:07 PM	0.07
38059	1	3/20/12 2:15 PM	3/20/12 2:19 PM	0.07
38148	3	3/22/12 2:38 PM	3/22/12 2:42 PM	0.07
38157	2	3/22/12 5:12 PM	3/22/12 5:16 PM	0.07
38575	5	4/3/12 8:13 PM	4/3/12 8:17 PM	0.07
69126022	2	1/17/12 3:13 PM	1/17/12 3:17 PM	0.07
69126132	4	1/20/12 9:51 PM	1/20/12 9:55 PM	0.07
69126615	3	2/10/12 11:04 PM	2/10/12 11:08 PM	0.07
69126980	1	2/25/12 12:10 AM	2/25/12 12:14 AM	0.07
69127161	2	3/6/12 3:21 PM	3/6/12 3:25 PM	0.07
69127185	2	3/7/12 4:51 PM	3/7/12 4:55 PM	0.07
69127469	5	3/22/12 11:13 PM	3/22/12 11:17 PM	0.07
36133	3	1/11/12 10:57 PM	1/11/12 11:02 PM	0.08
37601	5	3/1/12 8:16 PM	3/1/12 8:21 PM	0.08
69125831	4	1/6/12 11:45 PM	1/6/12 11:50 PM	0.08
69126645	5	2/14/12 4:46 PM	2/14/12 4:51 PM	0.08
36152	2	1/12/12 3:44 PM	1/12/12 3:50 PM	0.1
36170	3	1/12/12 9:40 PM	1/12/12 9:46 PM	0.1
36667	6	1/30/12 3:30 PM	1/30/12 3:36 PM	0.1

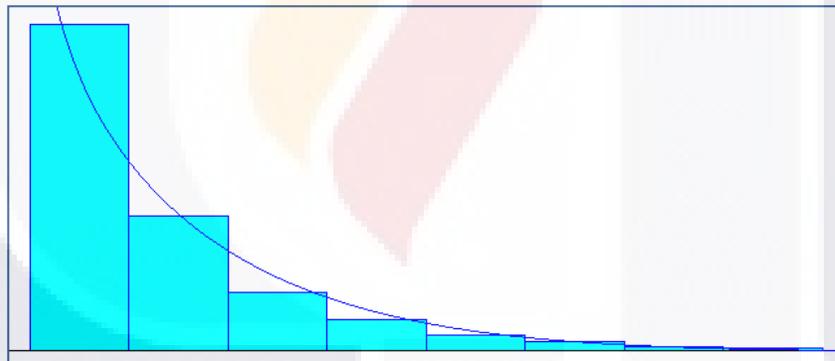
37179	3	2/15/12 10:01 PM	2/15/12 10:07 PM	0.1
37521	3	2/28/12 5:55 PM	2/28/12 6:01 PM	0.1
38564	4	4/3/12 4:06 PM	4/3/12 4:12 PM	0.1
69127380	9	3/15/12 5:36 PM	3/15/12 5:42 PM	0.1
69125693	4	12/28/11 6:32 PM	12/28/11 6:39 PM	0.12
36516	4	1/24/12 2:54 PM	1/24/12 3:02 PM	0.13
69126136	8	1/20/12 11:08 PM	1/20/12 11:16 PM	0.13
69126609	6	2/10/12 9:35 PM	2/10/12 9:43 PM	0.13
36484	3	1/23/12 9:12 PM	1/23/12 9:21 PM	0.15
37535	6	2/28/12 10:09 PM	2/28/12 10:18 PM	0.15
37858	3	3/12/12 4:27 PM	3/12/12 4:36 PM	0.15
38843	2	4/13/12 3:12 PM	4/13/12 3:21 PM	0.15
69127397	8	3/16/12 6:15 PM	3/16/12 6:24 PM	0.15
36047	8	1/9/12 11:23 PM	1/9/12 11:33 PM	0.17
37194	8	2/16/12 12:02 AM	2/16/12 12:12 AM	0.17
37621	4	3/1/12 10:07 PM	3/1/12 10:17 PM	0.17
38299	2	3/26/12 7:55 PM	3/26/12 8:05 PM	0.17
38731	5	4/10/12 10:38 PM	4/10/12 10:48 PM	0.17
36466	2	1/23/12 5:55 PM	1/23/12 6:06 PM	0.18
37861	2	3/12/12 4:51 PM	3/12/12 5:02 PM	0.18
38068	9	3/20/12 5:05 PM	3/20/12 5:16 PM	0.18
38158	3	3/22/12 5:19 PM	3/22/12 5:30 PM	0.18
38169	11	3/22/12 9:12 PM	3/22/12 9:23 PM	0.18
38741	2	4/11/12 3:28 PM	4/11/12 3:39 PM	0.18
36727	6	1/31/12 3:42 PM	1/31/12 3:54 PM	0.2
36793	6	2/1/12 10:38 PM	2/1/12 10:51 PM	0.22
37897	7	3/13/12 4:50 PM	3/13/12 5:03 PM	0.22
69127375	20	3/15/12 3:45 PM	3/15/12 3:58 PM	0.22
69127421	1	3/20/12 3:54 PM	3/20/12 4:07 PM	0.22
69127427	5	3/20/12 6:42 PM	3/20/12 6:55 PM	0.22
37134	12	2/14/12 11:18 PM	2/14/12 11:32 PM	0.23
38171	6	3/22/12 9:34 PM	3/22/12 9:48 PM	0.23
69127295	18	3/12/12 3:20 PM	3/12/12 3:34 PM	0.23
37279	12	2/17/12 10:30 PM	2/17/12 10:46 PM	0.27
37761	6	3/7/12 10:15 PM	3/7/12 10:31 PM	0.27
69126653	8	2/14/12 8:12 PM	2/14/12 8:28 PM	0.27
38495	1	3/30/12 6:26 PM	3/30/12 6:43 PM	0.28
69125834	10	1/7/12 12:03 AM	1/7/12 12:20 AM	0.28
36754	2	1/31/12 10:07 PM	1/31/12 10:25 PM	0.3
37391	3	2/22/12 10:11 PM	2/22/12 10:29 PM	0.3

69127169	1	3/6/12 5:42 PM	3/6/12 6:01 PM	0.32
69127443	8	3/21/12 8:50 PM	3/21/12 9:09 PM	0.32
37811	9	3/8/12 11:03 PM	3/8/12 11:23 PM	0.33
38105	4	3/21/12 4:02 PM	3/21/12 4:22 PM	0.33
69126649	17	2/14/12 5:12 PM	2/14/12 5:32 PM	0.33
38568	2	4/3/12 4:49 PM	4/3/12 5:10 PM	0.35
36731	3	1/31/12 4:59 PM	1/31/12 5:22 PM	0.38
69127749	4	4/10/12 4:49 PM	4/10/12 5:16 PM	0.45
36889	10	2/7/12 2:48 PM	2/7/12 3:18 PM	0.5
37233	8	2/17/12 2:25 PM	2/17/12 2:55 PM	0.5
69126824	3	2/17/12 9:45 PM	2/17/12 10:15 PM	0.5
38166	4	3/22/12 8:13 PM	3/22/12 8:45 PM	0.53
37874	7	3/12/12 8:28 PM	3/12/12 9:02 PM	0.57
69126641	7	2/14/12 3:20 PM	2/14/12 3:56 PM	0.6
36947	8	2/8/12 5:34 PM	2/8/12 6:11 PM	0.62
37371	4	2/22/12 3:29 PM	2/22/12 4:06 PM	0.62
39086	2	4/23/12 9:11 PM	4/23/12 9:49 PM	0.63
36545	3	1/24/12 10:33 PM	1/24/12 11:12 PM	0.65
36214	9	1/16/12 6:34 PM	1/16/12 7:14 PM	0.67
36749	11	1/31/12 9:21 PM	1/31/12 10:03 PM	0.7
69127441	7	3/21/12 5:55 PM	3/21/12 6:37 PM	0.7
69125694	10	12/28/11 7:55 PM	12/28/11 8:38 PM	0.72
69127063	4	3/1/12 3:47 PM	3/1/12 4:30 PM	0.72
69127253	22	3/9/12 5:32 PM	3/9/12 6:16 PM	0.73
69126672	2	2/15/12 8:45 PM	2/15/12 9:32 PM	0.78
69127244	11	3/9/12 3:06 PM	3/9/12 3:55 PM	0.82
69127757	2	4/11/12 2:29 PM	4/11/12 3:22 PM	0.88
38201	6	3/23/12 3:39 PM	3/23/12 4:37 PM	0.97
69127756	13	4/11/12 2:19 PM	4/11/12 3:17 PM	0.97
37205	2	2/16/12 6:52 PM	2/16/12 7:54 PM	1.03
36966	20	2/8/12 9:57 PM	2/8/12 11:00 PM	1.05
37670	4	3/5/12 5:08 PM	3/5/12 6:12 PM	1.07
69125697	3	12/28/11 9:20 PM	12/28/11 10:24 PM	1.07
38858	4	4/13/12 5:47 PM	4/13/12 6:52 PM	1.08
36372	3	1/19/12 8:24 PM	1/19/12 9:30 PM	1.1
69127432	1	3/20/12 10:51 PM	3/20/12 11:59 PM	1.13
69127394	15	3/16/12 4:08 PM	3/16/12 5:17 PM	1.15
69127308	33	3/13/12 8:15 PM	3/13/12 9:36 PM	1.35
36171	5	1/12/12 9:51 PM	1/12/12 11:16 PM	1.42
69126595	18	2/10/12 3:59 PM	2/10/12 5:39 PM	1.67

37784	2	3/8/12 4:26 PM	3/8/12 6:26 PM	2
36900	3	2/7/12 5:58 PM	2/7/12 8:01 PM	2.05
38028	1	3/16/12 4:23 PM	3/16/12 6:29 PM	2.1
37866	5	3/12/12 6:14 PM	3/12/12 8:22 PM	2.13
38948	1	4/18/12 2:49 PM	4/18/12 5:11 PM	2.37
38875	2	4/13/12 8:15 PM	4/13/12 10:52 PM	2.62
37473	21	2/27/12 6:37 PM	2/27/12 9:57 PM	3.33
36351	3	1/19/12 3:46 PM	1/19/12 8:00 PM	4.23
37952	9	3/14/12 5:24 PM	3/14/12 10:10 PM	4.77
69127679	14	4/2/12 5:24 PM	4/2/12 10:11 PM	4.78
69126141	10	1/23/12 3:32 PM	1/23/12 8:28 PM	4.93
37728	12	3/7/12 4:35 PM	3/7/12 10:02 PM	5.45
69127162	15	3/6/12 3:29 PM	3/6/12 8:59 PM	5.5
35577	1	12/22/11 4:08 PM	12/22/11 10:15 PM	6.12

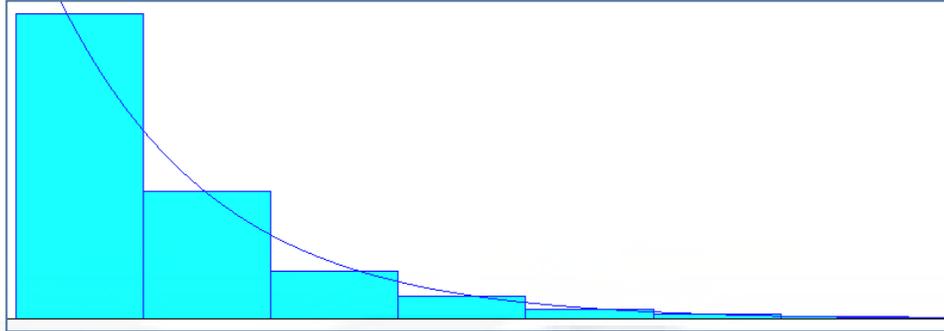
Anexo 2. Tiempo y distribución entre llegadas de requisiciones de tipo ordinario

Consumibles (Supplies)



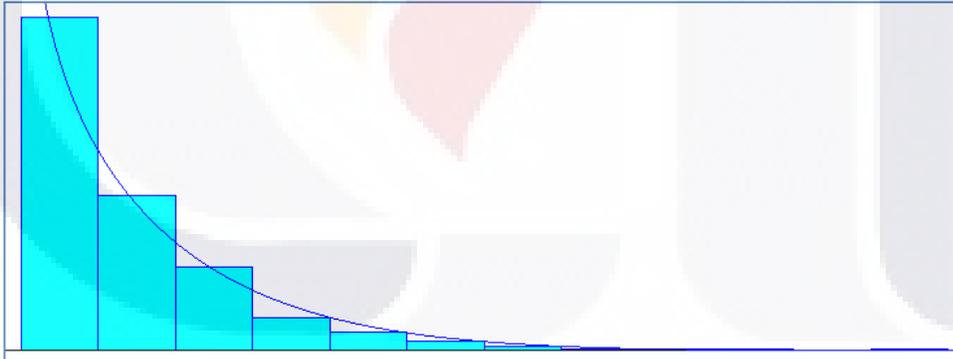
Distribution Summary		Data Summary	
Distribution:	Beta	Number of Data Points	= 1658
Expression:	$0.5 + 14 * \text{BETA}(0.802, 7.25)$	Min Data Value	= 1
Square Error:	0.001647	Max Data Value	= 14
Chi Square Test		Sample Mean	= 1.9
Number of intervals	= 7	Sample Std Dev	= 1.39
Degrees of freedom	= 4	Histogram Summary	
Test Statistic	= 19.6	Histogram Range	= 0.5 to 14.5
Corresponding p-value	< 0.005	Number of Intervals	= 14

Refacciones (Spares)



Distribution Summary		Data Summary	
Distribution:	Exponential	Number of Data Points	= 1680
Expression:	$0.5 + \text{EXPO}(1.24)$	Min Data Value	= 1
Square Error:	0.001221	Max Data Value	= 10
Chi Square Test		Sample Mean	= 1.74
Number of intervals	= 7	Sample Std Dev	= 1.18
Degrees of freedom	= 5	Histogram Summary	
Test Statistic	= 9.57	Histogram Range	= 0.5 to 10.5
Corresponding p-value	= 0.0909	Number of Intervals	= 10

Gastos (Expenses)



Distribution Summary		Data Summary	
Distribution:	Beta	Number of Data Points	= 1881
Expression:	$0.5 + 18 * \text{BETA}(0.79, 8.72)$	Min Data Value	= 1
Square Error:	0.000605	Max Data Value	= 18
Chi Square Test		Sample Mean	= 1.99
Number of intervals	= 8	Sample Std Dev	= 1.53
Degrees of freedom	= 5	Histogram Summary	
Test Statistic	= 21.8	Histogram Range	= 0.5 to 18.5
Corresponding p-value	< 0.005	Number of Intervals	= 18

Anexo 3. Resultados Sistema de Simulación

Replica 1 Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Recurso1 Spares SE.Queue	1.3710	(Insufficient)	0	8.0356
Recurso2 Expense LH.Queue	0	(Insufficient)	0	0
Recurso2 Supplies LH.Queue	3.2166	(Insufficient)	0	7.8810
Recurso3 Expenses SR.Queue	10.3862	(Insufficient)	0.1630	17.3325
Requisiciones acumuladas.Queue	4.6316	(Insufficient)	0	10.2489
Revisa RP Expenses.Queue	9.0497	(Insufficient)	0	26.0170
Revisa RP Spares.Queue	2.3560	(Insufficient)	0	4.7702
Revisa RP Supplies.Queue	4.5484	(Insufficient)	0	8.8959
Revisa RP SuppliesExp.Queue	0	(Insufficient)	0	0

Replica 2

Time

<u>Waiting Time</u>	<u>Average</u>	<u>Half Width</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Recurso1 Spares SE.Queue	1.2509	(Insufficient)	0	7.5074
Recurso2 Expense LH.Queue	1.2321	(Insufficient)	0	8.4420
Recurso2 Supplies LH.Queue	4.6988	(Insufficient)	0.01027030	12.0605
Recurso3 Expenses SR.Queue	6.3315	(Insufficient)	0	11.0200
Requisiciones acumuladas.Queue	4.8236	(Insufficient)	0	10.2133
Revisa RP Expenses.Queue	5.2409	(Insufficient)	0	10.3459
Revisa RP Spares.Queue	2.3565	(Insufficient)	0.4820	3.8434
Revisa RP Supplies.Queue	3.8020	(Insufficient)	0	8.4073
Revisa RP SuppliesExp.Queue	0	(Insufficient)	0	0

Replica 3

Time

<u>Waiting Time</u>	<u>Average</u>	<u>Half Width</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Recurso1 Spares SE.Queue	0.8832	(Insufficient)	0	2.8314
Recurso2 Expense LH.Queue	1.3006	(Insufficient)	0	5.4198
Recurso2 Supplies LH.Queue	3.1801	(Insufficient)	0	6.2146
Recurso3 Expenses SR.Queue	11.5023	(Insufficient)	0.07245991	17.1781
Requisiciones acumuladas.Queue	4.8310	(Insufficient)	0	10.0521
Revisa RP Expenses.Queue	9.8101	(Insufficient)	0	17.5437
Revisa RP Spares.Queue	2.1551	(Insufficient)	0	3.7251
Revisa RP Supplies.Queue	2.9364	(Insufficient)	0	6.5089
Revisa RP SuppliesExp.Queue	0	(Insufficient)	0	0

Replica 4

Time

<u>Waiting Time</u>	<u>Average</u>	<u>Half Width</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Recurso1 Spares SE.Queue	1.0093	(Insufficient)	0	2.2386
Recurso2 Expense LH.Queue	0	(Insufficient)	0	0
Recurso2 Supplies LH.Queue	3.3486	(Insufficient)	0	7.8217
Recurso3 Expenses SR.Queue	5.9021	(Insufficient)	0.02383251	11.5160
Requisiciones acumuladas.Queue	4.8214	(Insufficient)	0	10.4399
Revisa RP Expenses.Queue	5.4568	(Insufficient)	0	14.4338
Revisa RP Spares.Queue	2.3291	(Insufficient)	0.1498	3.8060
Revisa RP Supplies.Queue	3.1014	(Insufficient)	0	7.6460
Revisa RP SuppliesExp.Queue	0	(Insufficient)	0	0

Replica 5

Time

<u>Waiting Time</u>	<u>Average</u>	<u>Half Width</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Recurso1 Spares SE.Queue	1.2251	(Insufficient)	0	2.4482
Recurso2 Expense LH.Queue	0.9469	(Insufficient)	0	4.7346
Recurso2 Supplies LH.Queue	3.5008	(Insufficient)	0	8.7455
Recurso3 Expenses SR.Queue	5.4619	(Insufficient)	0	30.4791
Requisiciones acumuladas.Queue	4.8054	(Insufficient)	0	10.8503
Revisa RP Expenses.Queue	5.5545	(Insufficient)	0	22.7623
Revisa RP Spares.Queue	2.3847	(Insufficient)	0	4.0339
Revisa RP Supplies.Queue	3.4892	(Insufficient)	0	7.6659
Revisa RP SuppliesExp.Queue	0	(Insufficient)	0	0

Replica 6

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Recurso1 Spares SE.Queue	0.9190	(Insufficient)	0	2.3534
Recurso2 Expense LH.Queue	0.2905	(Insufficient)	0	2.6146
Recurso2 Supplies LH.Queue	3.0972	(Insufficient)	0	6.9873
Recurso3 Expenses SR.Queue	8.1133	(Insufficient)	0	25.0099
Requisiciones acumuladas.Queue	4.7607	(Insufficient)	0	9.9428
Revisa RP Expenses.Queue	5.9607	(Insufficient)	0	18.0556
Revisa RP Spares.Queue	2.5104	(Insufficient)	0.8100	3.9860
Revisa RP Supplies.Queue	3.0019	(Insufficient)	0	7.0306
Revisa RP SuppliesExp.Queue	0	(Insufficient)	0	0

Promedio de utilización de recursos

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Buyer1	0.6116	0.11	0.5143	0.8007
Buyer2	0.7686	0.08	0.6922	0.8495
Buyer3	0.9435	0.06	0.8982	1.0124

